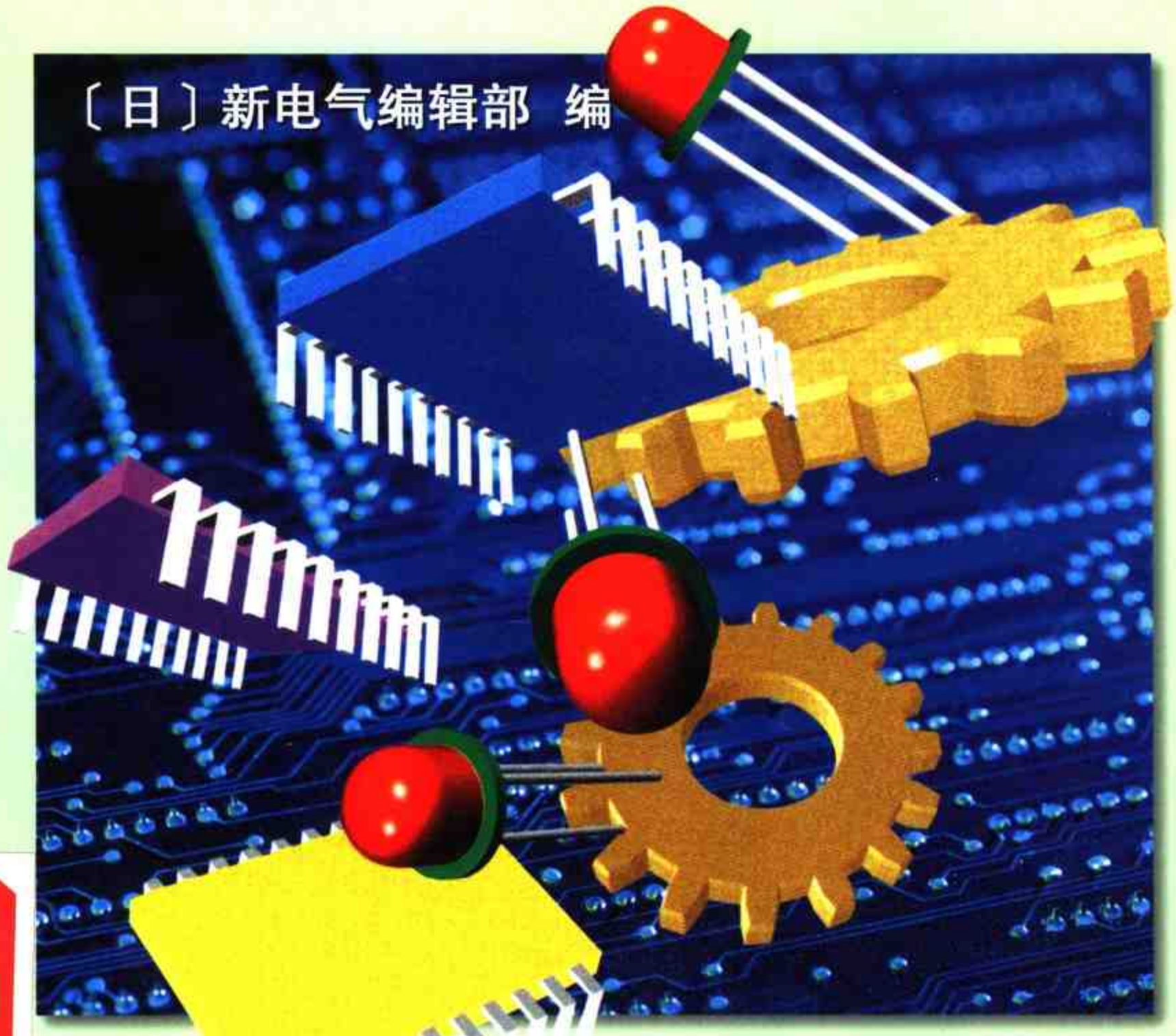
OHM 电子爱好者读物

电子机械入门

〔日〕新电气编辑部 编



科学出版社
www.sciencep.com

(TN-0464.0101)
责任编辑　崔炳哲
责任制作　魏　谨
责任印制　刘士平
封面设计　李　力

◇◇◇◇◇◇◇ 内　容　简　介 ◇◇◇◇◇◇◇

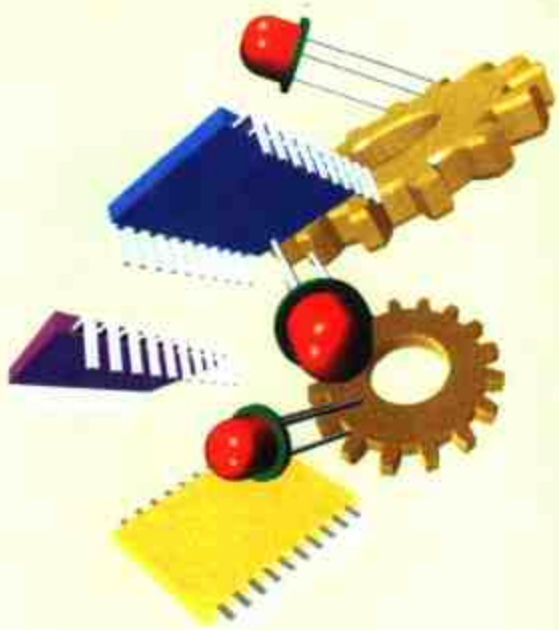
“OHM电子爱好者读物”系列共有6本，涉及电子电路、电子机械、电子控制、数字电路、机电一体化、电子技术等。本系列以初学者为对象，以实用技术为重点，利用丰富的插图，甚至建立模拟教室以对话的形式、通俗易懂地介绍相关内容。阅读本系列的读者最好边学习边实践，以使所学知识变成自己有用的技能。

本书是“OHM电子爱好者读物”之一，第1章主要介绍控制方面的基本知识；第2章以铁路模型的控制为例，介绍有关的继电器、传送带、步进电动机等的控制；第3、4章则介绍发光二极管的点亮、熄灭控制及自动演奏、机器人、交通信号等的控制，以及有关个人计算机控制的基础理论。

本书适合作为职业技术类教材，亦可作为企业技术人员的初级培训用教材。

OHM电子爱好者读物

电子电路入门
数字电路入门
电子机械入门
电子电路与电子技术入门
电子控制入门
机电一体化入门



ISBN 7-03-011181-8
9 787030 111814 >

ISBN 7-03-011181-8
定　价: 23.00 元

OHM电子爱好者读物

电子机械入门

日本新电气编辑部　编
徐其荣　译
郑佩玉　校

科学出版社
北京

图字：01-2003-0412 号

Original Japanese language edition
Hajimete Manabu Denshi Kikai Nyumon Hayawakari
Edited by Shindenki Henshubu
Copyright © 2000 by Ohmsha, Ltd.
Published by Ohmsha, Ltd.
This Chinese version published by Science Press, Beijing
Under license from Ohmsha, Ltd.
Copyright © 2003
All rights reserved

初めて学ぶ
電子機械入門早わかり
オーム社　2000

图书在版编目(CIP)数据

电子机械入门/(日)新电气编辑部编；徐其荣译、郑佩玉校. - 北京：科学出版社，2003
(OHM 电子爱好者读物)

ISBN 7-03-011181-8

Ⅰ.电…　Ⅱ.①新…②徐…③…郑…　Ⅲ.电子机械-基本　Ⅳ.TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 011110 号

责任编辑　崔炳哲　　**责任制作**　魏　谨
责任印制　刘士平　　**封面设计**　李　力

科学出版社　出版
北京东黄城根北街 16 号　邮政编码：100717
http://www.sciencep.com
源海印刷有限责任公司 印刷
北京东方科龙图文有限公司　制作
http://www.okbook.com.cn
科学出版社发行　各地新华书店经销

2003 年 5 月第　一　版　开本：B5(720×1000)
2003 年 5 月第一次印刷　印张：11 1/2
印数：1-5 000　　字数：252 000

定　价：23.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换(新欣))

前言

所有的产业都涉及到电子技术，也使控制技术得到了充分利用，各种机械或装置都在推广使用电子技术、信息技术来进行控制。所以不论从事何种行业，都必须掌握与控制技术有关的基础知识和技术。

本书主要是为工科类高职、高专的师生或企业中的技术人员学习“电子机械”和“电子控制”基础知识而编写的。

第 1 章的目的是为学习控制知识打下牢固的基础；第 2 章介绍微机控制基础，以铁路模型控制为例，介绍有关的继电器、传送带、步进电动机等的控制；第 3 章、第 4 章则介绍发光二极管的点亮、熄灭控制及自动演奏音乐、机器人、交通信号等的控制，以及有关个人计算机控制的基础理论。

在编写本书过程中，特别注重以下三点：

1. 控制技术留给人们的印象是很难学的，所以特别注重讲解上的简明易懂。

2. 使用了大量的图表，加强了学习的趣味性，并且在图中加入了说明文字，可起到一目了然的效果。

3. 学习内容不局限在理论上，而是通过实际制作，使其“动”起来，以加强学习效果。

因此，读者在学习本书后，通过组装电路的实践，就能把有关知识、技术真正学到手。

希望通过对本书的学习，能牢固地掌握电子机械的基础知识，并在各种不同的专业领域发挥作用。

全国工业高等学校校长协会，顾问　岩本　洋

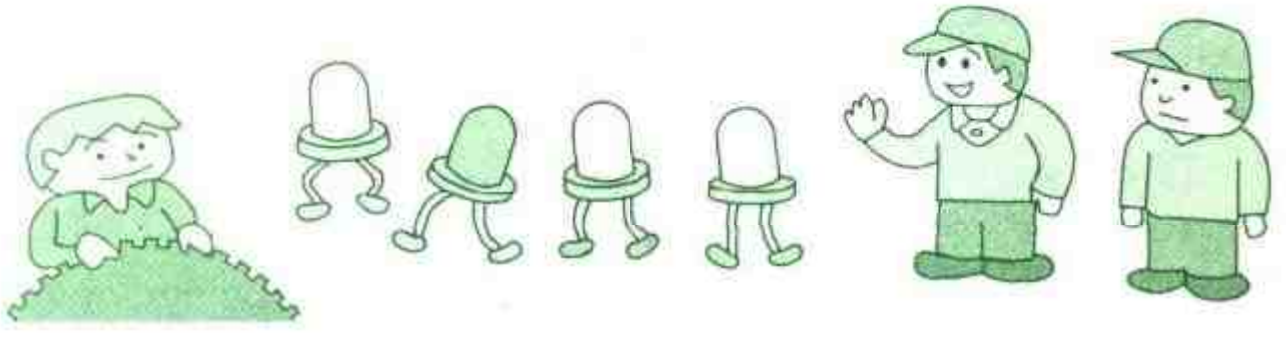
另外，本书的执笔分工如下：

第 1、第 2 章　东京都立藏前工业高等学校，教师　天野一美

第 3、第 4 章　东京都立藏前工业高等学校，教师　堀桂太郎

第 3、第 4 章　原东京都立藏前工业高等学校，教师　森田克己

目　录

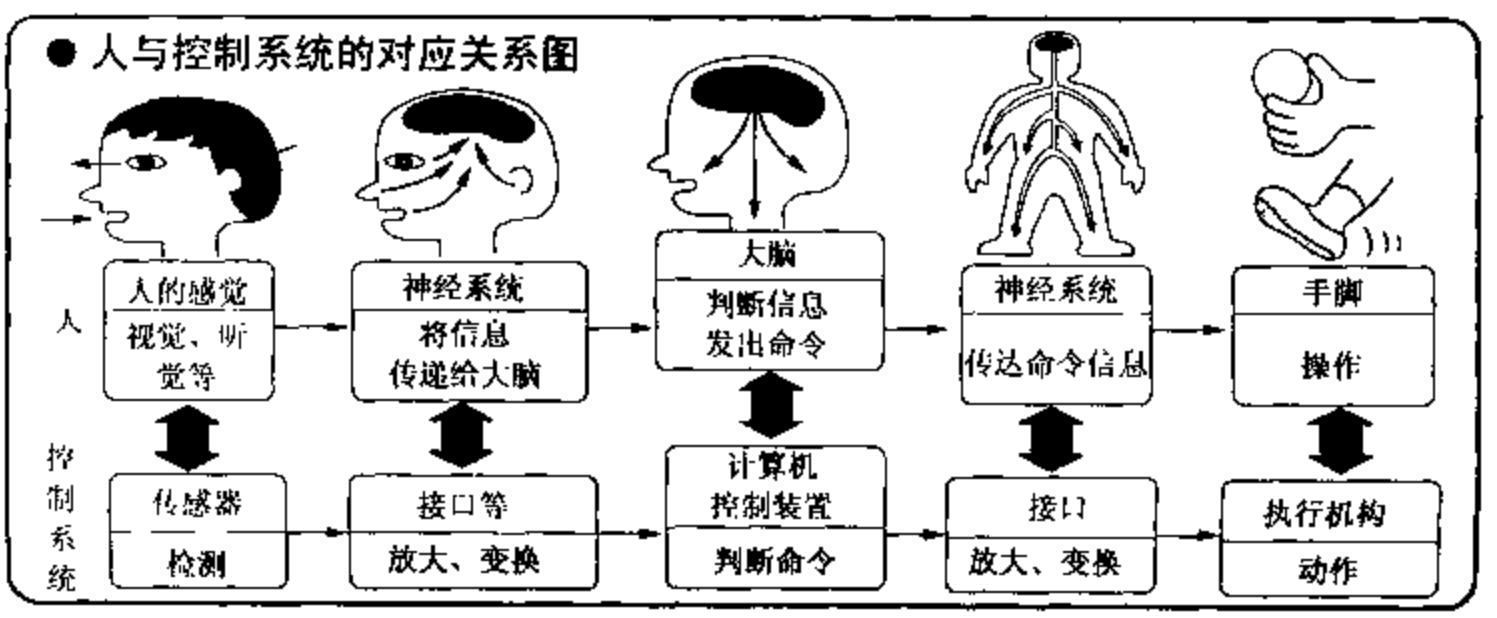


第1章 控制的基础知识 1

1 电子电路与控制的关系 …… 2
2 使用传感器的简单电子电路 …… 9
3 执行机构的驱动电路 …… 15
4 顺序控制的定义 …… 21
5 反馈控制 …… 29
6 模拟控制与数字控制 …… 37
7 数字控制与逻辑电路 …… 44
8 微机与微机控制 …… 50
9 微机与信号流 …… 57
10 接口的作用 …… 63
11 输入用外部接口的作用 …… 69
12 输出用外部接口的典型作用 …… 75

第2章 简单控制入门 79

1 模型电车的开动 …… 80



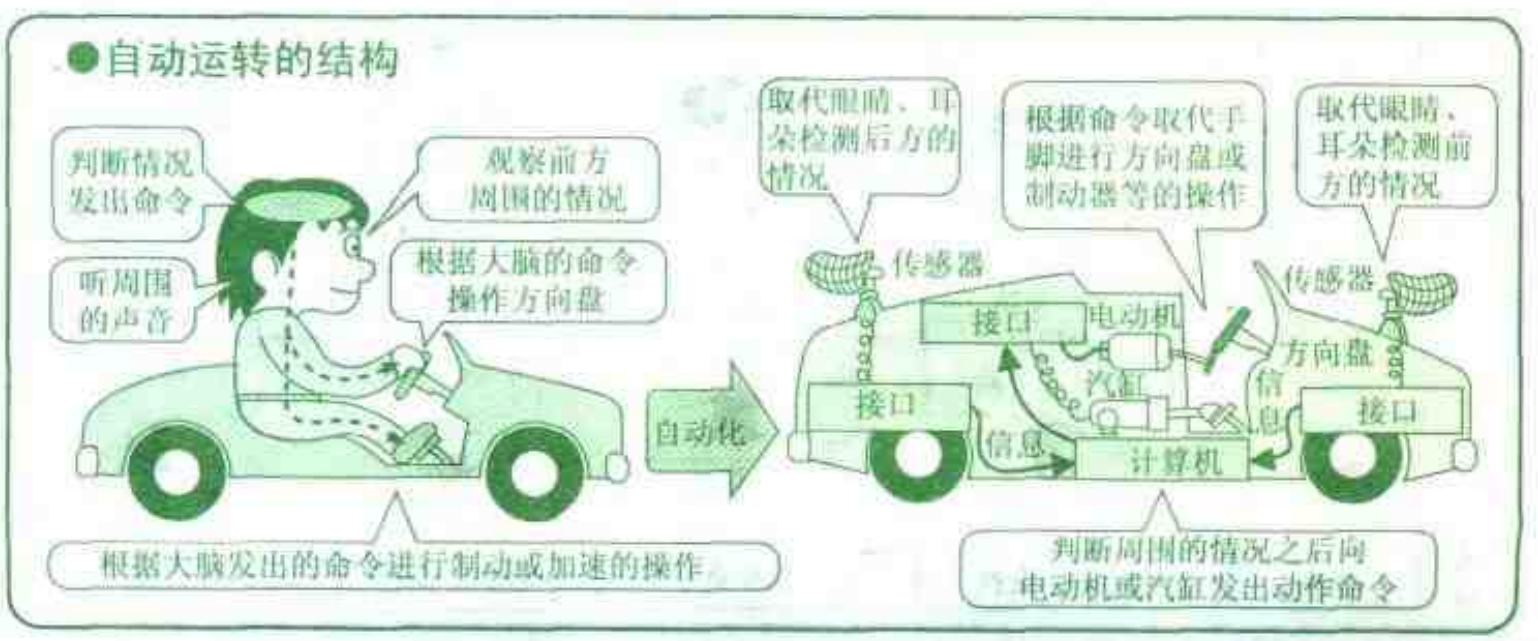
2 模型电车在站台处的停靠 …… 86
3 铁路模型的控制 —简单控制 …… 93
4 铁路模型的控制 -- 使用定时器等 …… 99
5 微机控制(1) 用发光二极管确认输出 …… 104
6 微机控制(2)——用按钮开关来输入 …… 110
7 微机控制(3) 使用继电器 …… 117
8 微机控制(4) 简单控制 …… 123
9 微机控制(5) --使用步进电动机的控制装置 …… 129
10 微机控制(6) —步进电机的往复控制装置 …… 136
11 微机控制(7) 铁路模型的控制 I …… 143
12 微机控制(8)--- 铁路模型的控制 II …… 149

第3章 使用个人计算机的简单控制入门(基础篇) 156

1 制作接口 …… 157
2 LED 接口监视器 …… 172
3 LED 的点亮、熄灭控制 I …… 178
4 LED 的点亮、熄灭控制 II …… 184

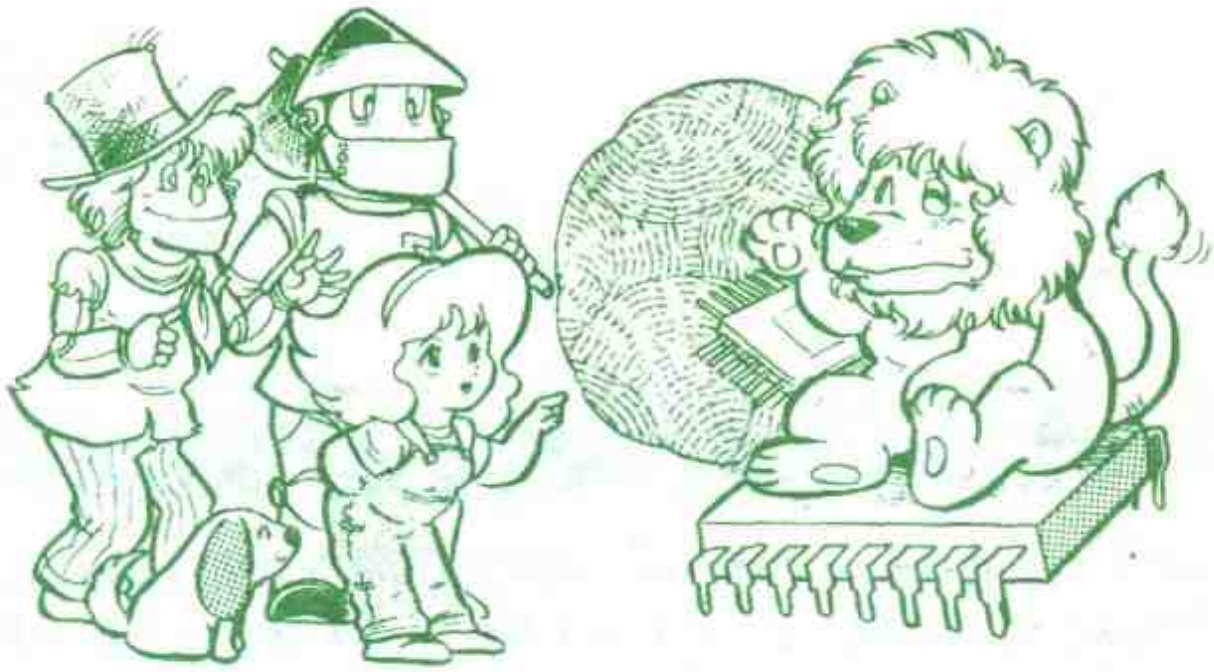
第4章 使用个人计算机的简单控制入门(应用篇) 190

1 键盘控制的音乐自动演奏系统 …… 191
2 用模/数(A/D)转换的室温控制系统 …… 200
3 汽缸控制的气动机器人系统 …… 208
4 用继电器控制的交流 100V 交通信号灯控制系统 …… 217



第1章

控制的基础知识



本章的学习内容

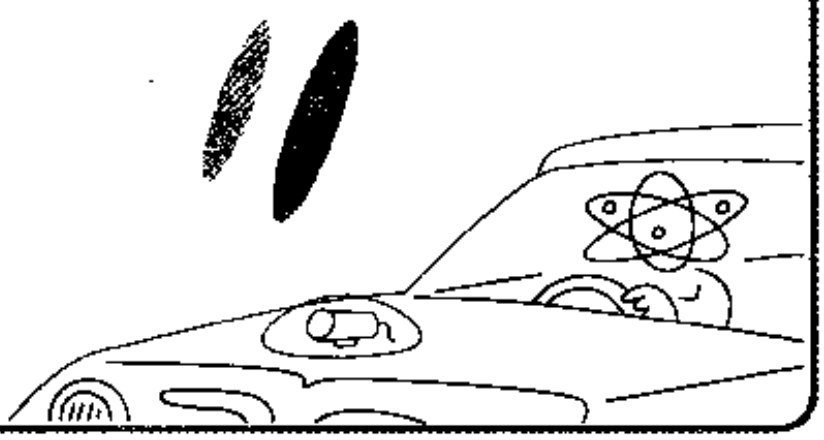
站在门前，等待门自动打开，当发现不是自动门时，总有点不太习惯的感觉，这大概是由于我们的思维已习惯了生活上的自动化所造成的。自动聚焦照相机、全自动洗衣机、自动售货机等等，都已经自动化了。

所谓自动化，就是用机械装置代替手工来进行操作。因此，可把自动化所用的方法称为自动控制或简称为控制。由于社会劳动力紧缺等种种需要，更加促使人们向机械装置的自动化方面去研究解决问题的办法。

向自动售货机里投入硬币，按下按钮，所需要的物品就会自动送出来。在不知不觉之中，自动售货机就完成了一系列的工作。其控制看起来挺复杂，但把它分解为一道道工序来处理，就成了简单的基本动作的叠加，从而轻而易举地进行控制处理。学会了控制的基础知识，就不难理解其中的奥妙。

这一章将介绍顺序控制、反馈控制等控制方法以及传感器与执行机构等相关装置的基础知识。

1 电子电路与控制的关系



1 控制的定义

人长时间驾驶汽车会感到疲劳，所以就产生了能否自动驾驶的想法。那么用什么办法来实现自动驾驶呢？先用表 1 与图 1 对人驾驶汽车的动作进行一下分析。

表 1　人与控制系统的对应

人	人的感觉 视觉、听觉等	神经系统 将信号传递给大脑	大脑 判断信息发出命令	神经系统 传达命令信息	手脚 操作
控制系统	传感器 检测	接口等 放大、变换	计算机控制装置 判断命令	接口 放大、变换	执行机构 动作

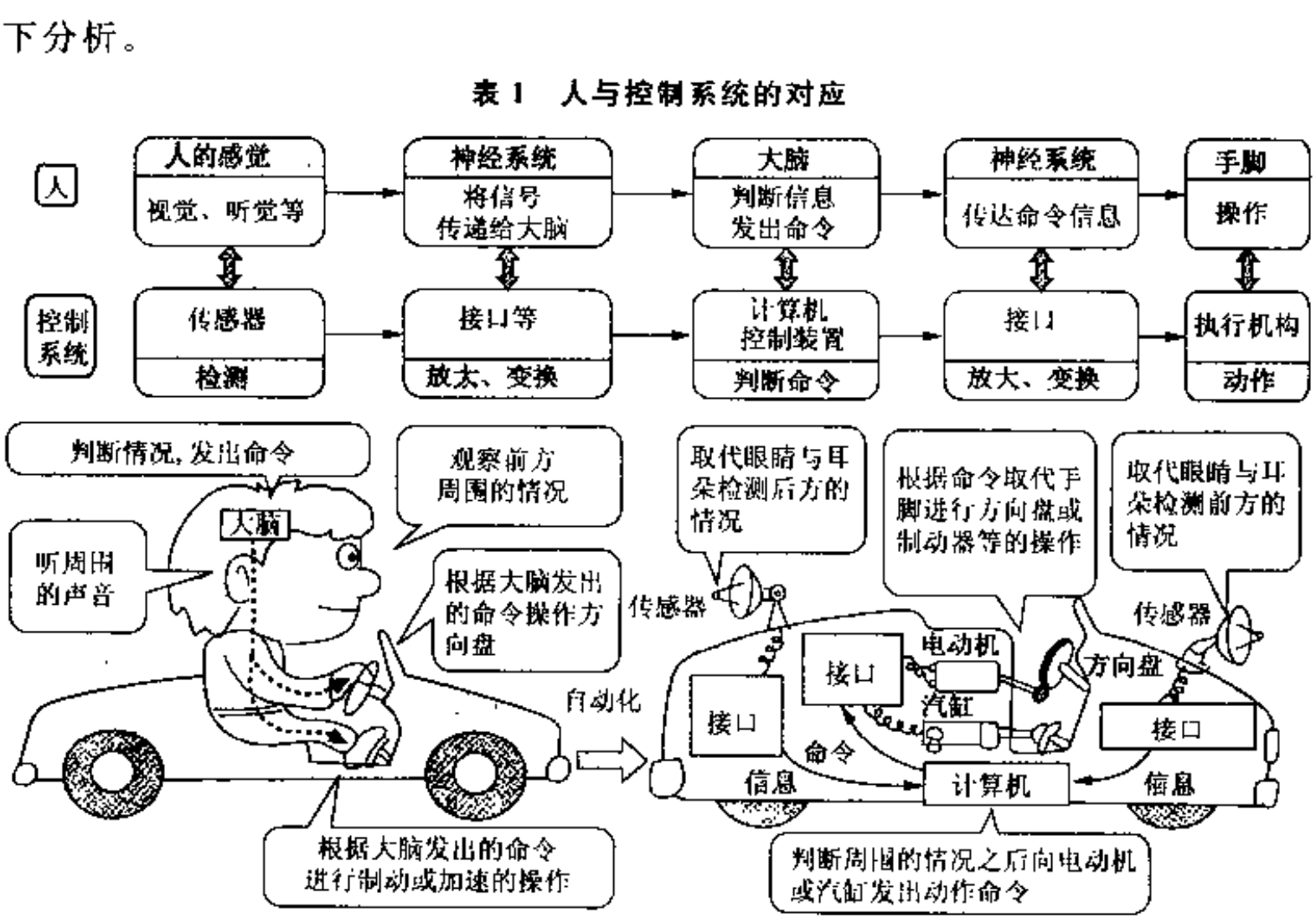


图 1　自动驾驶的结构

首先，驾驶员要目视前方并时时注意内外后视镜，看清后方与两侧的情况；然后，用耳朵倾听周围是否有消防车、救护车等的特殊声音；把眼睛、耳朵所获得的信息经大脑进行综合判断，再向手、脚发出驾驶命令。根据命令决定踏制动器或调节油门、控制速度，并转动方向盘，来防止发生行车事故。把这些操作交给机械或装置来完成，就称为自动控制，或简称控制。

当汽车的前方突然有人跑过时，必须迅速踏制动器。为了检测这种特殊情况，就要在控制中使用电子电路。由于电子技术的快速发展，提高了电子电路的性能，缩小了体积，易于用在控制装置中，从而使照相机、洗衣机和加工机械等各个方面的自动控制都得到迅速发展。

Ⅱ　传感器的定义

由表 1 和图 1 可知，**传感器**是对应人的感觉器官的。JIS(日本工业标准)中对传感器的定义为“用于实现感觉功能的检测元件”。

Ⅲ　传感器感觉功能的定义

所谓感觉功能就是用眼睛看、用耳朵听，使用感觉器官来收集信息(数据)的功能。“驾驶汽车过程中，能见到前方的障碍物”，开始见到障碍物时，还不能判断是不是障碍物。再集中注意力观看，收集到更多的该物体的数据，传送到脑子里，就能判断出障碍物了。这种不能在瞬间判断的情况对驾驶员来说，是致命的问题。

所谓的控制用感觉功能，就是以操纵机械或装置为目的来收集信息的功能。

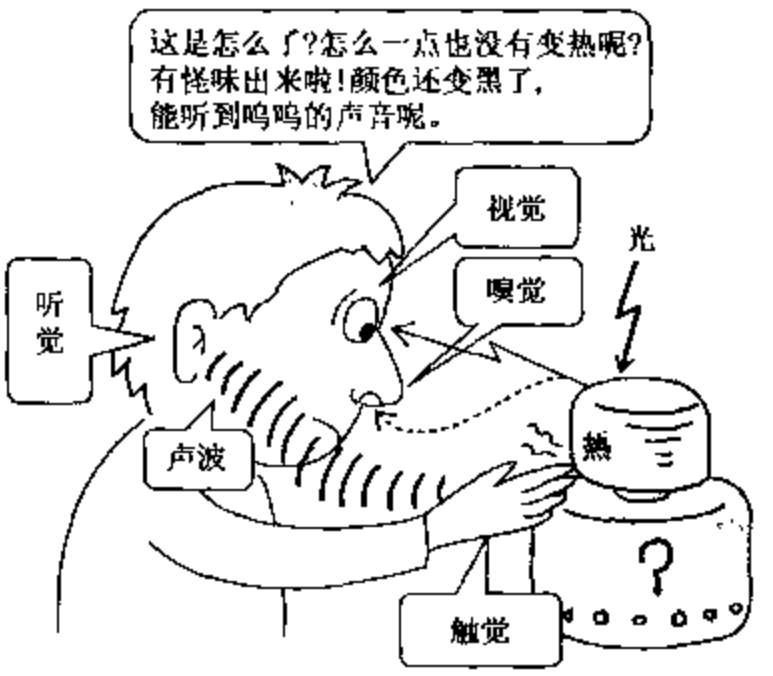


图 2　靠人的感觉收集信息

Ⅳ 检测元件的定义

所谓检测元件，就是用来检测各种各样信息的元件。其检测方法多种多样，可以是原封不动地检测所需要信息的本身，也可以检测载体的存在与否，或检测载体的变化等。图2及表2表示人的感觉所检测的内容。

表2 人的主要感觉与载体

感觉	载体	感觉器官	信息内容
视觉	光	眼睛	颜色、形状、亮度等
听觉	声波	耳朵	声音(高低、大小等)
触觉	位移、压力	皮肤	表面状态、压力
	热	皮肤	热的、冷的

用眼睛检测时，物体在视网膜上成像。视网膜由视觉神经细胞构成，相当于照相机的底片，也就是所谓的检测元件。每只眼睛约有12亿个视觉神经细胞，可观察人类生活中的方方面面(参见图3)。

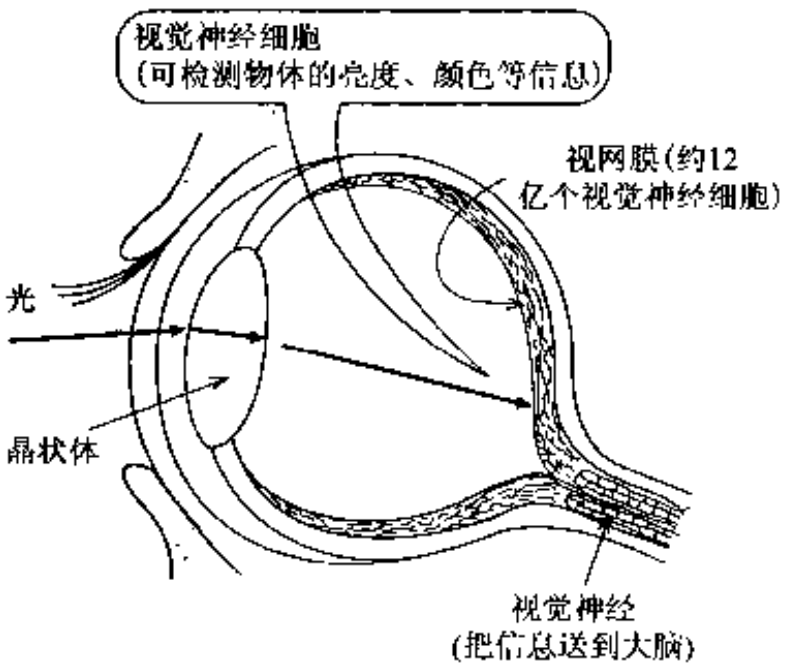


图3 眼睛的结构

Ⅴ 检测元件的种类

检测元件即传感器有下列种类：

光传感器　不仅能检测可见光，而且还能检测紫外线、红外线等

磁传感器　应用磁性作用的传感器。

温度传感器　检测热与热的辐射。

压力传感器　检测压力与压力所引起的应变(变形)。

气压传感器　利用气压的特性来检测。

除此以外还有很多种类的传感器，另外还有许多传感器正处于开发阶段。

Ⅵ　光传感器的定义

光传感器是把光(包括紫外线和红外线)信号转换为能被接收的电信号的元件。

从原理上又可分为：

① 接收光后使电阻改变的元件：硫化镉(CdS)光导管。

② 接收光后产生电势的元件：光电二极管、光敏三极管、光电池等。

③ 接收光后产生热量的元件：热电传感器等。

下面对光导管及光电二极管进行介绍。

Ⅶ　光导管(CdS)

如图 4 所示，硫化镉薄膜受到光照后，电阻就会减小，此薄膜被称为光导电膜。再设置两个隔离的电极，就可以作为光传感器使用(膜的厚度小于 0.2mm)。图 5 为传感器的原理图。

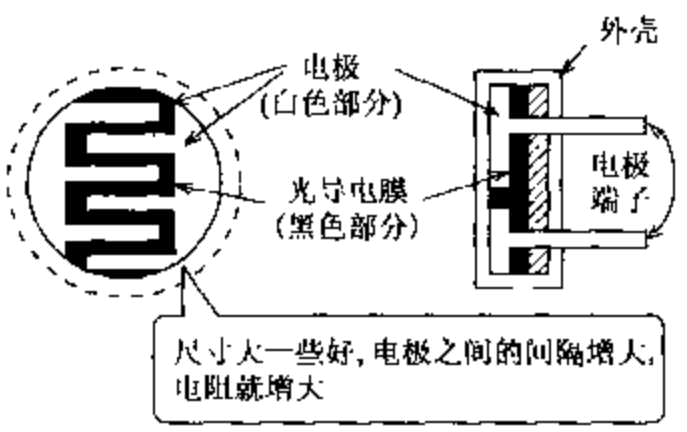


图 4　光导管的构造

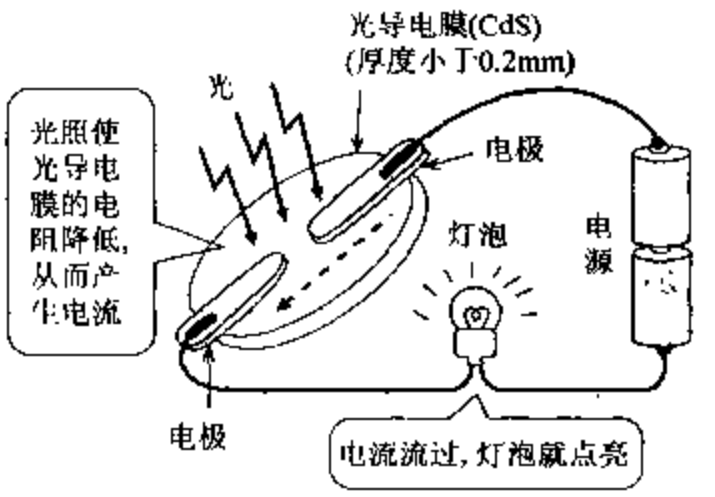


图 5　光导管的原理

光导管的特点：

① 在光通量与电阻的对数坐标上呈线性关系；

② 对黄绿色的光灵敏度最高；

③ 动态响应差(不能检测荧光灯的闪烁)。

Ⅷ　光电二极管(半导体传感器)

若在普通的二极管上施加反向电压、光照，则会使二极管上流过反向电流(参见图 6)。

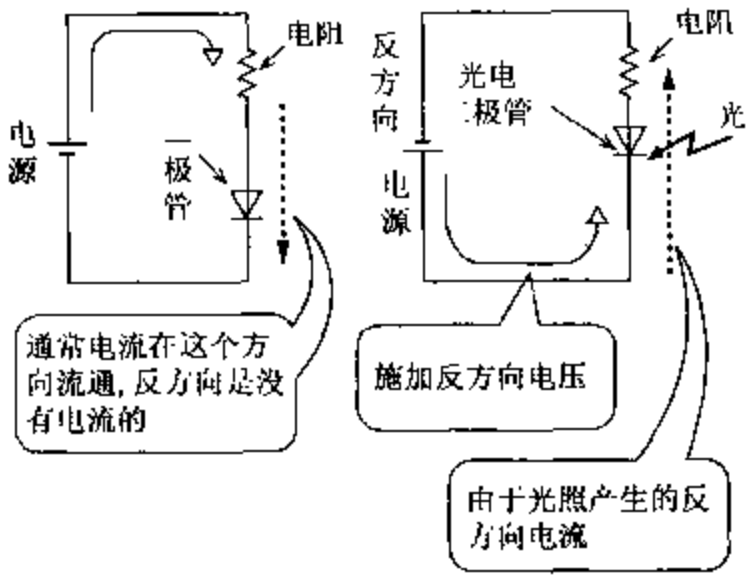


图 6　光电二极管的原理

其特性如下：

① 反向流动的输出电流小；

② 敏感波长为 400～2 000 nm (1nm＝10^{-9}m)，从紫外线到红外线的光谱范围均能检测，最高灵敏度在 850 nm 附近；

③ 响应速度在 μs(10^{-6}s)级，具有高速响应的特性；

④ 发光量与检测电流成正比，线性范围大，可用于发光量的检测与颜色的识别。

光电二极管的缺点是输出电流小。如图 7 所示，要用晶体管等器件来放大。把光电二极管和晶体管做成一体的元件就是光敏三极管。

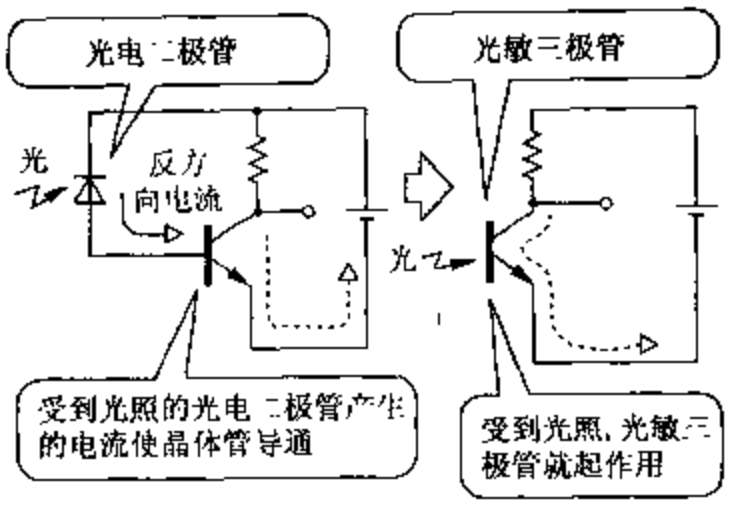


图 7　光敏三极管的原理

Ⅸ　温度传感器的定义

温度传感器已在空调、电熨斗、电冰箱等家用电器中广泛使用。那么，什么是温度传感器呢？下面列出几种测量方法（括号内表示测量范围）加以说明：

① 利用加热引起的电阻变化检测温度：如热敏电阻（－50～350℃），铂（－200～640℃）；

② 利用热膨胀检测温度：如双金属片（　50～500℃），水银（－50～650℃）；

③ 利用热电势检测温度：如铜-康铜热电偶（－240～1 200℃）；

④ 利用辐射检测温度：双色式（200～3 500℃）、单色式（100～3 000℃）。

Ⅹ　热敏电阻的定义

热敏电阻是由金属氧化物烧结合金构成的半导体检测元件，其电阻随着温度变化而变化（参见图 8）。其特性为：

① 根据用途可将热敏电阻做成各种不同的形状；

② 灵敏度高，响应速度快；

③ 价格低廉；

④ 可通过设计合理的电路和最佳的安装方法来提高测量精度。

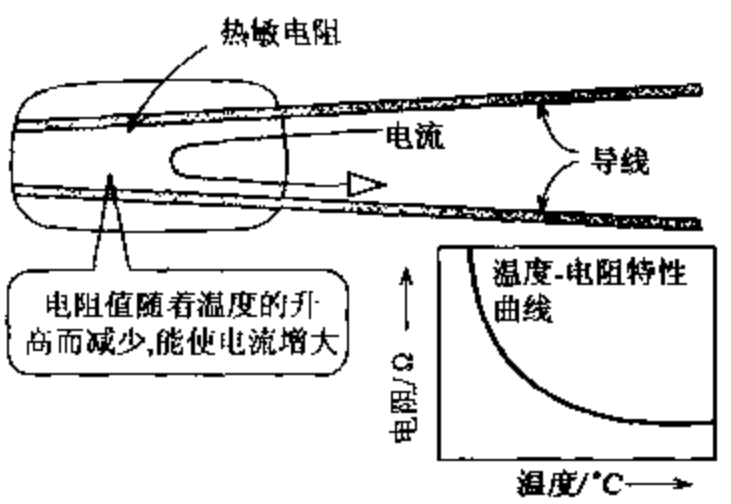


图 8　热敏电阻原理图

XI　磁传感器的定义

以磁性作为信息载体，可用于检测移位、转速、有无物品等。有一种磁传感器是利用霍尔效应做成的(参见图 9)。

在砷化镓半导体(霍尔元件)上，当有电流通过时，在垂直于电流的方向上产生电势差(霍尔电势)。电势差的大小与电流和磁场强度的乘积成正比，而与物体沿磁场方向的厚度成反比。

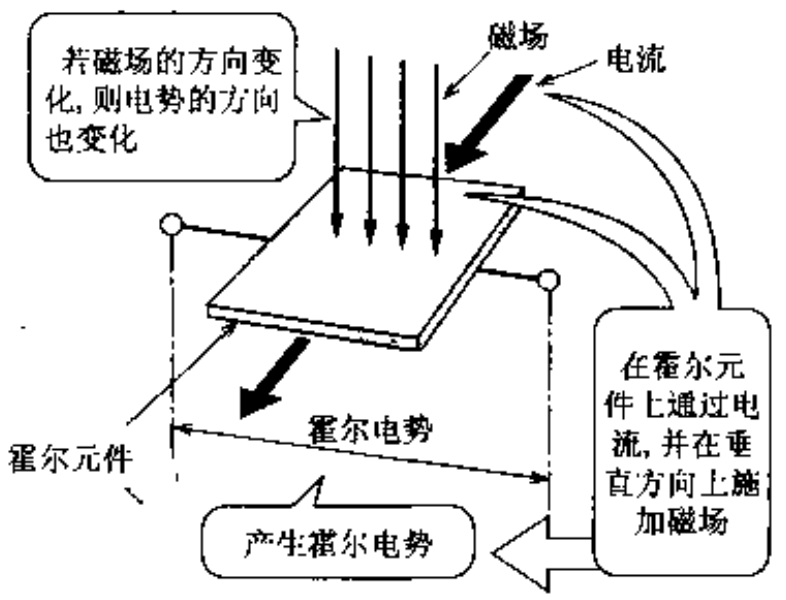


图 9　霍尔效应原理图

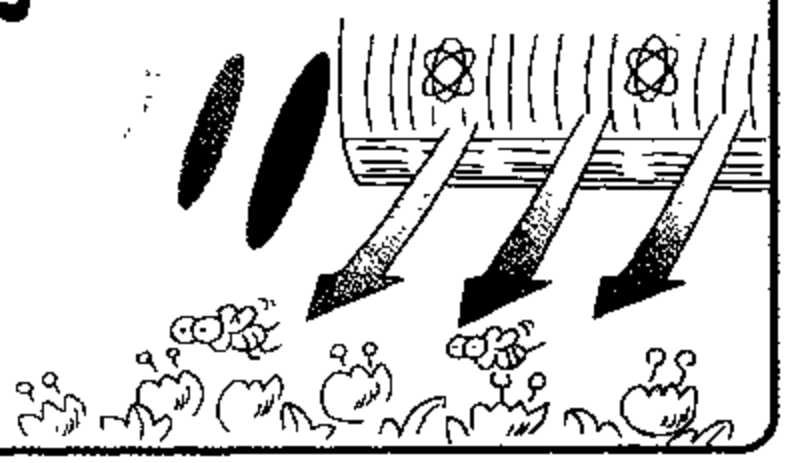
练习题

1. 传感器有什么作用?
2. 路灯的自动开关，要用何种传感器?
3. 热敏电阻以什么为信息载体? 它会随着温度改变发生什么变化?

解答

1. 根据机械与装置的使用目的，为所需的动作检测信息。
2. 使用光导管或光电二极管等光传感器。
3. 以热为信息载体，电阻随温度改变而变化。

2 使用传感器的简单电子电路



Ⅰ 检测移动物体的电子电路

图 1 为用反射式光传感器检测移动物体的电路图。尽管发光二极管不断地发出光，但没有物体经过时，发光二极管的光不会反射到光敏三极管中，光敏三极管中也就没有光输入，因此继电器电路不工作。这个电路称为继电器的驱动电路。



图 1　检测物体的电路原理图

当有物体通过反射式传感器时，发光二极管发出的光被物体反射，反射光进入光敏三极管，于是，光敏三极管有电流通过，再由驱动电路放大，使继电器接点动作。

继电器是直流继电器，驱动电路所用的晶体管放大倍数为 100 倍左右。

Ⅱ　使用反射式光传感器的实际电路图

图 2 为使用反射式光传感器的电路图。现在来考察一下此电路的工作原理。

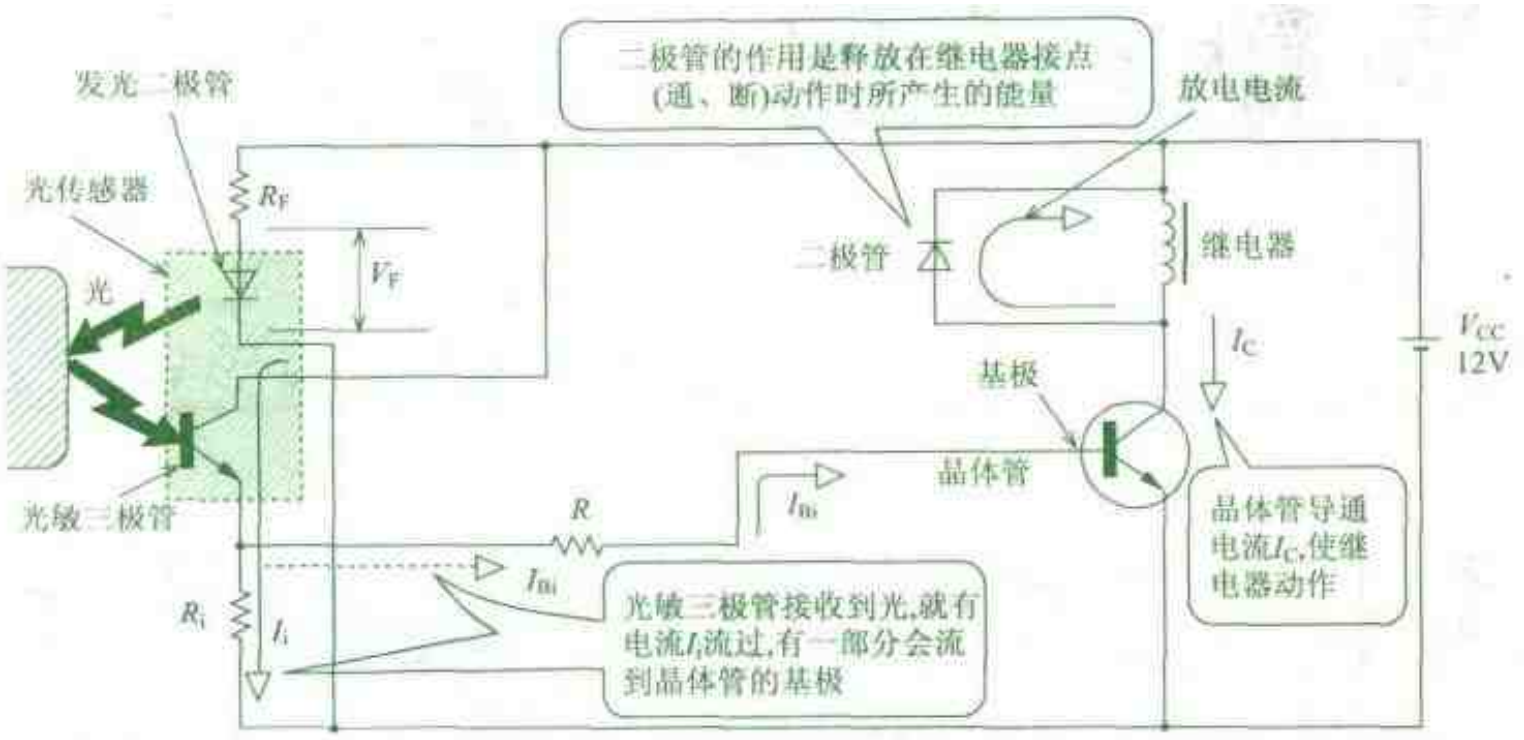


图 2　使用反射式光传感器的电子电路

假设有物体通过光传感器，光敏三极管接收到由物体反射的光，于是光敏三极管中的电流就沿着 $+V_{CC}$→光敏三极管→R_i→V_{CC} 流动。电阻 R_i 上产生的电压，施加在晶体管的基极上，分路电流作为基极电流 I_{Bi} 作用到晶体管上，基极电流 I_{Bi} 乘以放大系数所得到的电流 I_C 就能使继电器动作。当光敏三极管未流过电流时，因为没有电流，晶体管不会导通，所以继电器不动作。晶体管的电流放大系数是晶体管的固有特性，根据晶体管的种类不同而不同。用基极电流 I_B 与集电极电流 I_C 来计算放大系数：

$$\boxed{\text{电流放大系数}=\frac{I_C}{I_B}}$$

所以，$I_C=I_B\times$电流放大系数

另外，接在继电器两端的二极管用于吸收快速切断通过继电器线圈的电流时所产生的反电势，是保护晶体管用的元件。

若通过图 3 来计算 R_F 与 R_i 的值，可按下式：

$$R_F=(V_{CC}-V_F)/I_F$$

其中，若设 $V_{CC}=12V$，$V_F=1.5V$，$I_F=20mA=0.02A$，则

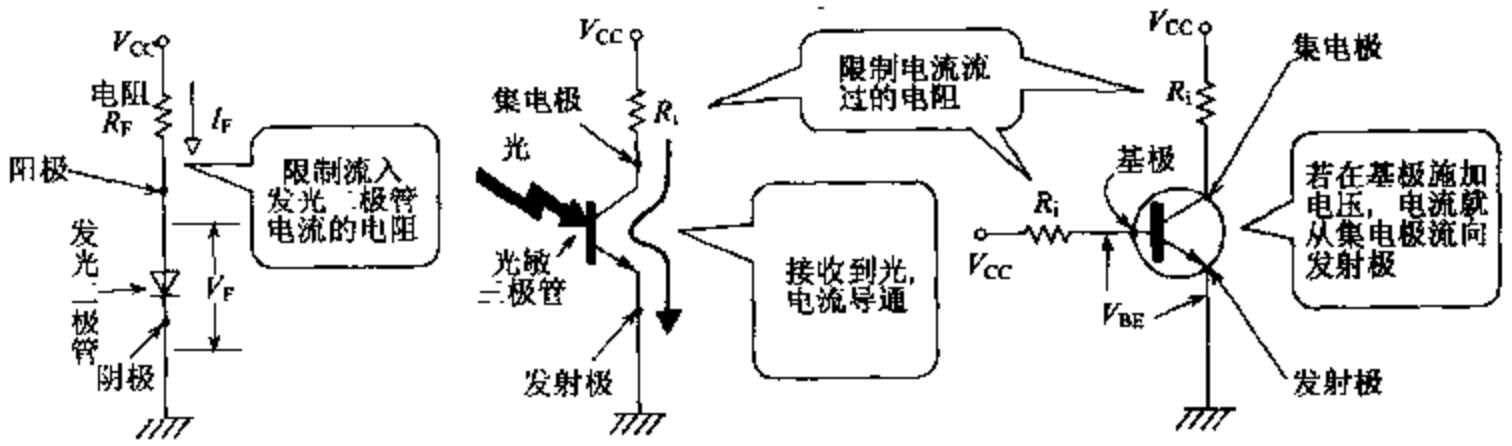


图 3　R_F 与 R_i 的计算方法

$R_F=(12-1.5)\div 0.02=525(\Omega)$

$R_i=(V_{CC}-V_{BE})/I_B$

其中，若设 V_{BE} 为 0.6V，I_B 为使继电器动作所需的电流，可以从继电器技术参数中查得 $I_C=30\text{mA}=0.03\text{A}$

$I_B=I_C$（流过继电器的电流）/放大系数 $=0.03\div 100-0.000\ 3(\text{A})$

所以，$R_i=(12-0.6)\div 0.000\ 3=38\ 000(\Omega)=38(\text{k}\Omega)$

Ⅲ　常用的反射式传感器电路

图 4 是常用的使用两个晶体管放大器的反射式传感器电路。若无反射物体，光敏三极管是不起作用的。电流 I_1 的途径为 $+V_{CC}$→电阻 R_1→晶体管 Tr_1 的基极→$-V_{CC}$，使晶体管 Tr_1 导通。于是，形成电流 I_2 的途径为 $+V_{CC}$→电阻 R_2→晶体管 Tr_1→$-V_{CC}$，晶体管 Tr_2 的基极没有电流流过，因此继电器不动作。

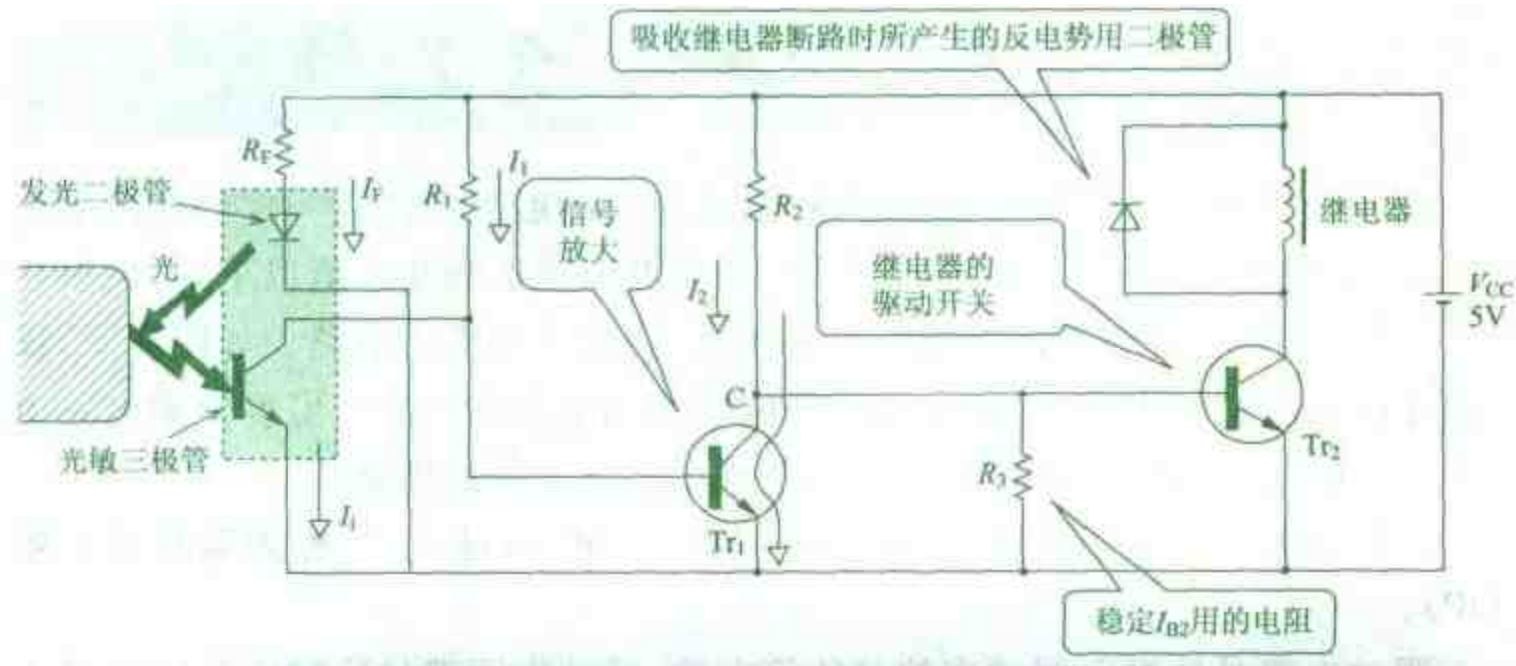


图 4　使用两个晶体管的反射式光传感器电路

当有物体反射光时，光敏三极管就导通，电流 I_1 沿着 $+V_{CC}$→电阻 R_1→光敏三极管→$-V_{CC}$ 流动，晶体管 Tr_1 的基极没有电流。因此晶体管 Tr_1 不导通，所以电流 I_2 沿着路径 $+V_{CC}$→电阻 R_2→晶体管 Tr_2 的基极→$-V_{CC}$ 流动，晶体管 Tr_2 导通使继电器动作。

当物体在光传感器前方经过时，反射光的时间应当比继电器的反应时间长。

Ⅳ　用温度传感器检测温度

用温度传感器检测温度就是用热敏电阻作为温度传感器来检测温度。热敏电阻的阻值随着温度的升高而减小，随着温度的降低而增加。

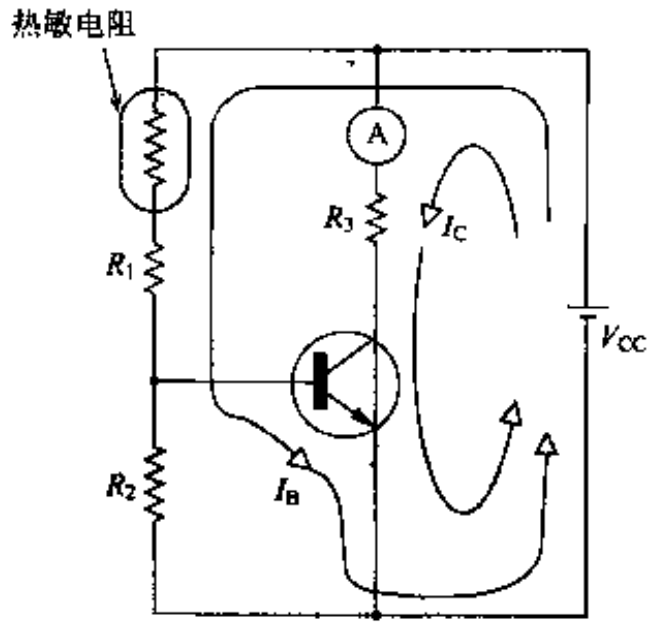


图 5　热敏电阻温度计

图 5 是热敏电阻温度计的原理图。若温度升高，热敏电阻的阻值就减小，基极电流 I_B 沿着 V_{CC}→热敏电阻→R_1→晶体管→V_{CC} 流动；集电极的电流是基极电流乘以电流放大系数，它沿着 V_{CC}→R_3→晶体管→V_C 流动。集电极电流 I_C 根据基极电流 I_B 的大小而增大或减小，基极电流则根据温度增减而变化。即因 I_C 是随着温度的变化而变化的，所以根据所检测的集电极电流的大小，就能检测出温度的高低。

Ⅴ　利用温度传感器的室温调节电路

图 6 是以热敏电阻作为温度传感器，使房间的温度保持在一定的范围的电路。若房间的温度升高，冷风机就启动；如果温度降低到某一值以下，冷风机就停止。换句话说，是根据需要的室温来接通、切断冷风机的电路。如图所示，该电路是由温度检测电路、比较电路及继电器驱动电路构成的。温度检测电路由电阻 R_1、R_3、R_4 与热敏电阻 R_2 构成，这种电路称为桥式电路。

比较电路是使用集成电路(IC)构成的放大电路，这个 IC 称为运算放大器(OP)。

驱动电路是使继电器动作的晶体管电路，其动作原理与反射式光传感器所

用的电路相同。

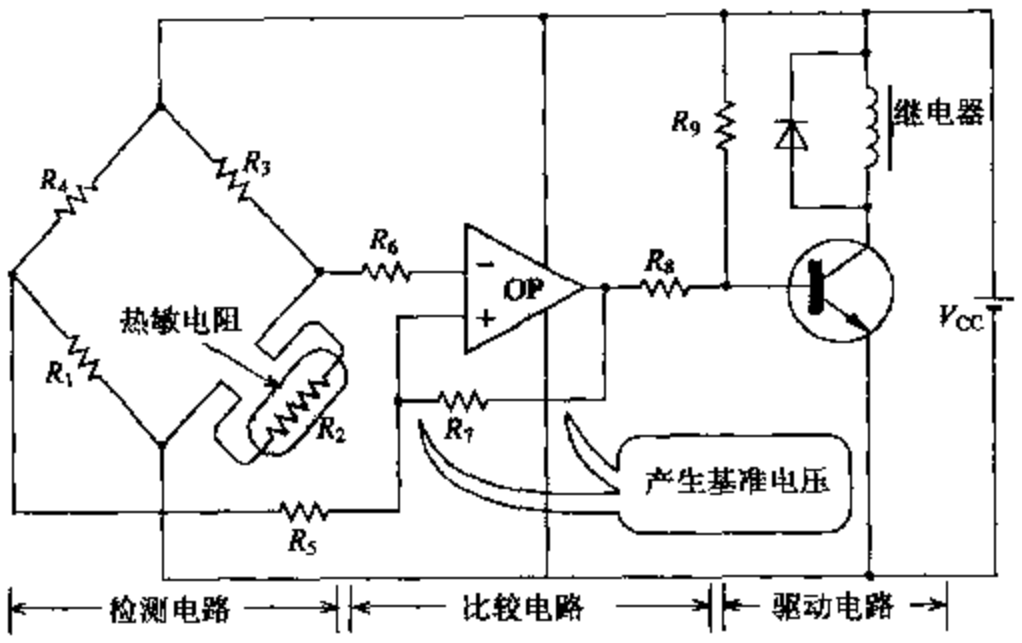


图 6 室温调节电路

Ⅵ 检测电路

如图 7 所示，其检测电路部分，以热敏电阻作为电阻 R_2，便于求出输入电压 V_{in} 与输出电压 V_{out} 之间关系式。由图可知，输出电压 V_{out} 是端子①与端子③之间的电压，输入电压 V_{in} 是端子④与端子②之间的电压，以端子②为基准点，若设端子③与②之间的电压为 V_2，则输出电压 V_{out} 可用下式表示：

$$V_{out}=V_1-V_2 \tag{1}$$

其中，V_1 是电阻 R_1 两端的电压；V_2 是电阻 R_2 两端的电压。

因此，下列式子成立：

$$\left.\begin{aligned} V_1&=R_1\cdot I_1\\ V_2&=R_2\cdot I_2 \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

根据式(2)电流 I_1、I_2 分别为

$$\left.\begin{aligned} I_1&=V_{in}/(R_1+R_4)\\ I_2&=V_{in}/(R_2+R_3) \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

把式(3)代入式(2)，得

$$\left.\begin{aligned} V_1&=R_1\cdot V_{in}/(R_1+R_4)\\ V_2&=R_2\cdot V_{in}/(R_2+R_3) \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

再把式(4)代入式(1)得

$$V_{out}=\frac{R_1}{R_1+R_4}V_{in}-\frac{R_2}{R_2+R_3}V_{in}$$

当热敏电阻的电阻值 R_2 随着温度的变化而变化时，输出电压 V_{out} 就会随之而变化。

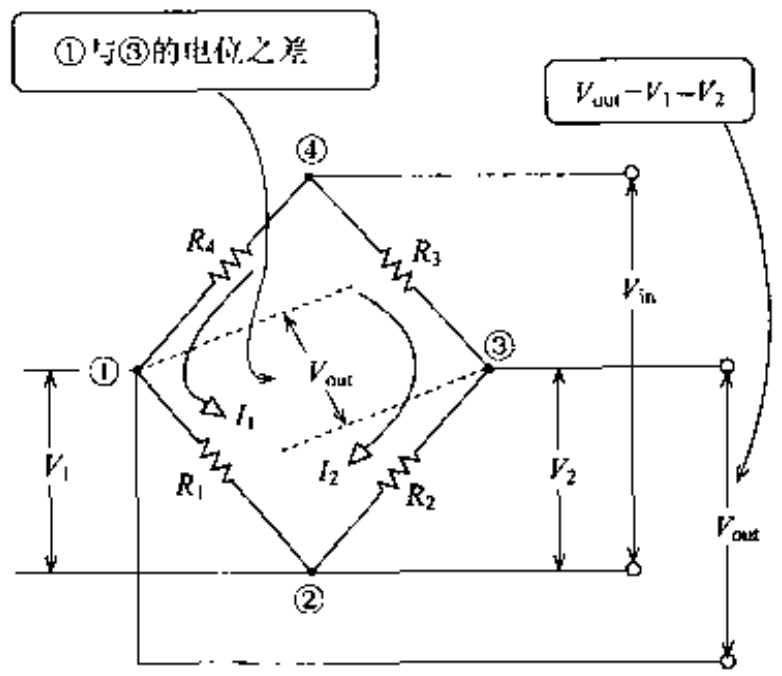


图 7 检测电路

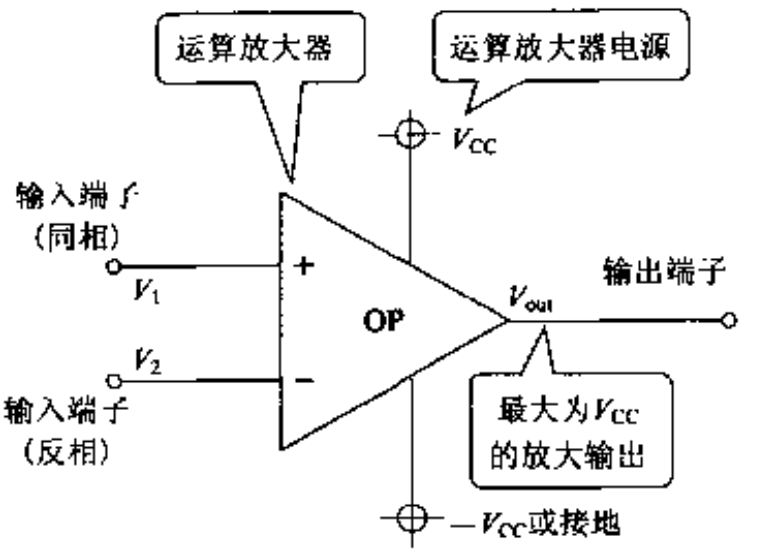


图 8 运算放大器

Ⅶ 比较电路与运算放大器

比较电路由图 6 中的运算放大器集成电路(IC)元件构成。运算放大电路如图 8 所示，有反相输入端子、同相输入端子及正、负电源端子与输出端子。

这个比较电路，将基准温度所决定的电压 V_1 与由检测温度决定的电压 V_2 进行比较，当 V_1-V_2 为正时，就产生输出电压 V_{out}，当 V_1-V_2 为负时，就不产生输出电压 V_{out}。这样，当温度达到某一定值时，此电路就会产生输出电压，使驱动电路驱动继电器动作，从而启动冷风机。

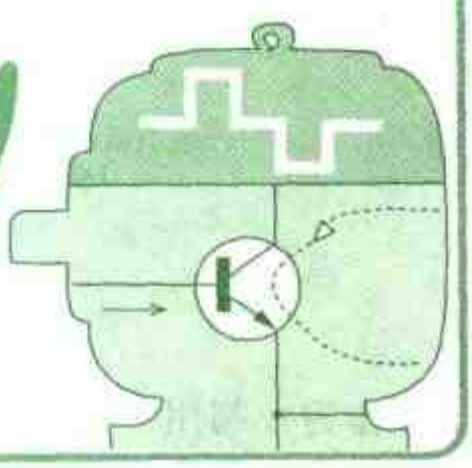
练习题

1. 在光传感器电路(参见图 2)中，发光二极管上接的电阻 R_F 有何作用？
2. 在光传感器电路(参见图 4)中，晶体管 Tr_1 的基极是在光敏三极管接收到反射光(检测到物体)时导通电流，还是在没有反射光时导通电流？

解答

1. 为了限制电流。
2. 没有反射光时导通电流。

3 执行机构的驱动电路



1 执行机构的定义

相当于人的感觉器官(眼睛、耳朵等)的元件是传感器,能使人的手脚活动的是肌肉,对机械系统来说,使各种机构动作的是电动机、汽缸和油缸(气动、液压)等部件。这些部件统称为**执行机构**。从这个意义上说,执行机构就相当于人的肌肉。执行机构的动力源有电动、气动与液压等,但大多是电动的(参见图 1)。

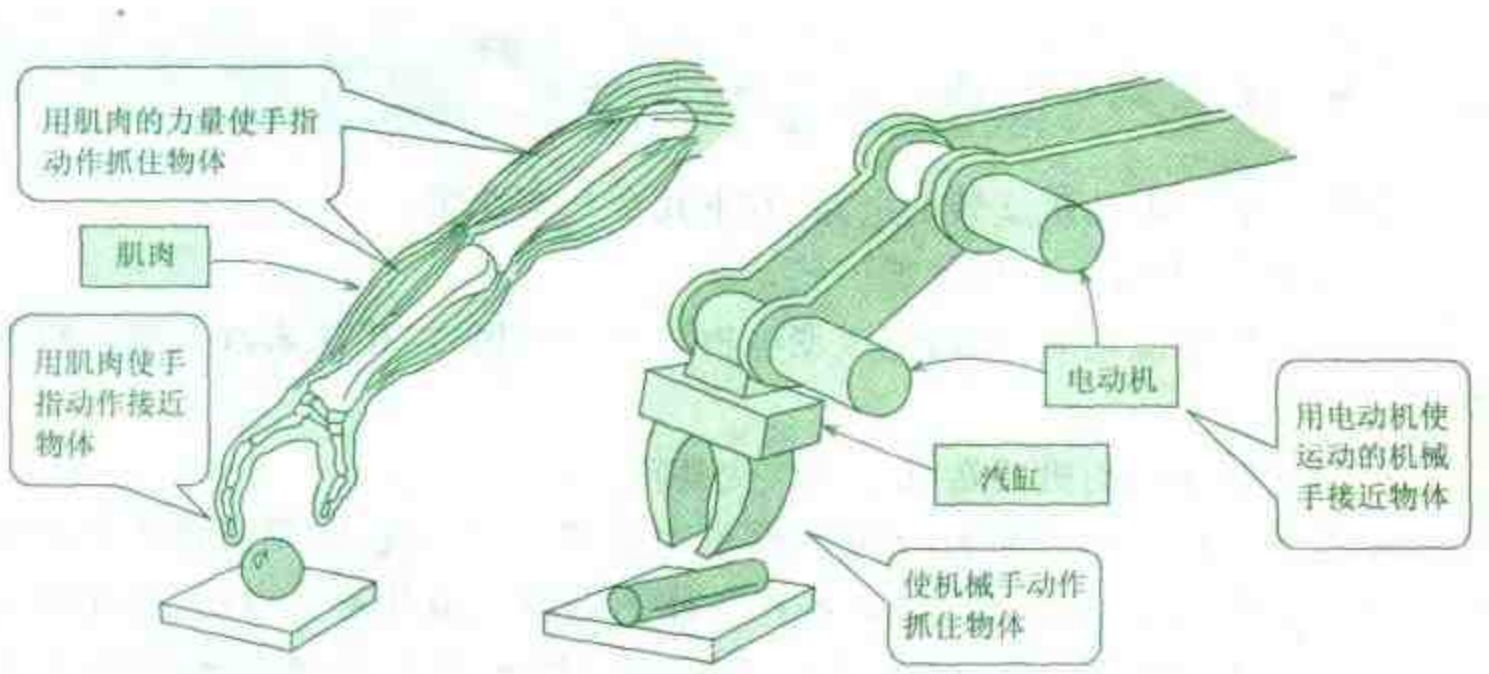
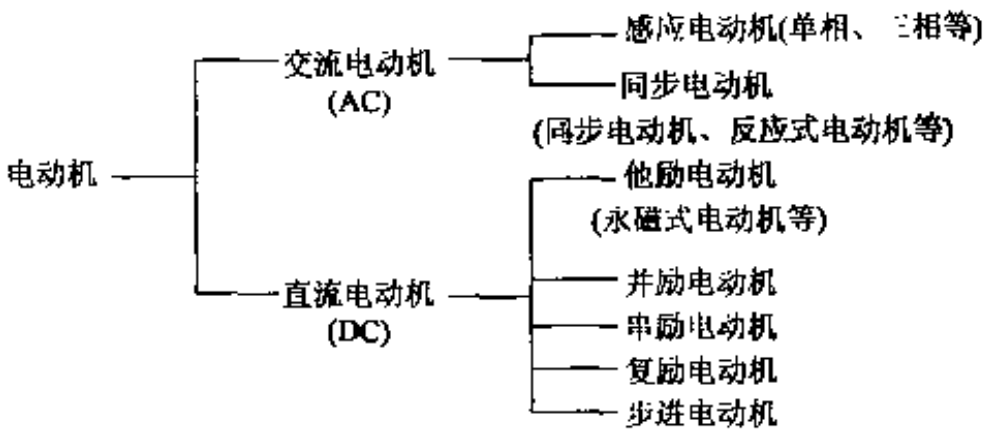


图 1　人的肌肉与执行机构的比较

以电作为动力源的执行机构有电动机(马达)、螺线管、直线电机等。其中用得最多的是电动机(参见表 1)。

表 1　电动机的种类





作为控制用的电动机有以下类型：

① 交流伺服电动机；

② 直流伺服电动机；

③ 步进电动机。

所谓**伺服电动机**，是由电动机、传感器（即旋转位置检测装置）、控制电路、驱动电路等构成的，是为了达到控制目标用来修正所进行动作的电动机。

电动机是作旋转运动的，直线电机是作直线运动的。其原理与感应电动机相同，可以看作是一台直径为无限大的电动机的一部分。

尽管螺线管也能靠磁力推动轴等作直线运动，但力量不大。

Ⅱ　使电动机旋转的简单电路

使直流（DC）电动机旋转的电路，有下几个基本性质：

① 有电流流过，电动机就能旋转；

② 若用他励磁场时，可通过改变电枢的正、负（极性）接法来改变电动机的旋转方向；

③ 通过改变电动机的端电压来改变其转速。

④ 在切断电流的情况下，若用外部的力量使电动机旋转，则可进入发电运行状态。根据上述性质，可以设计各种各样的电路。用开关来启动、停止电动机的电路如图 2 所示。将直流电动机，用两根电线连接正、负极即能旋转，但是要使其反方向旋转，接线方法也要相反。也就是说，电动机的旋转方向是由流过电动机的电流方向来决定的。

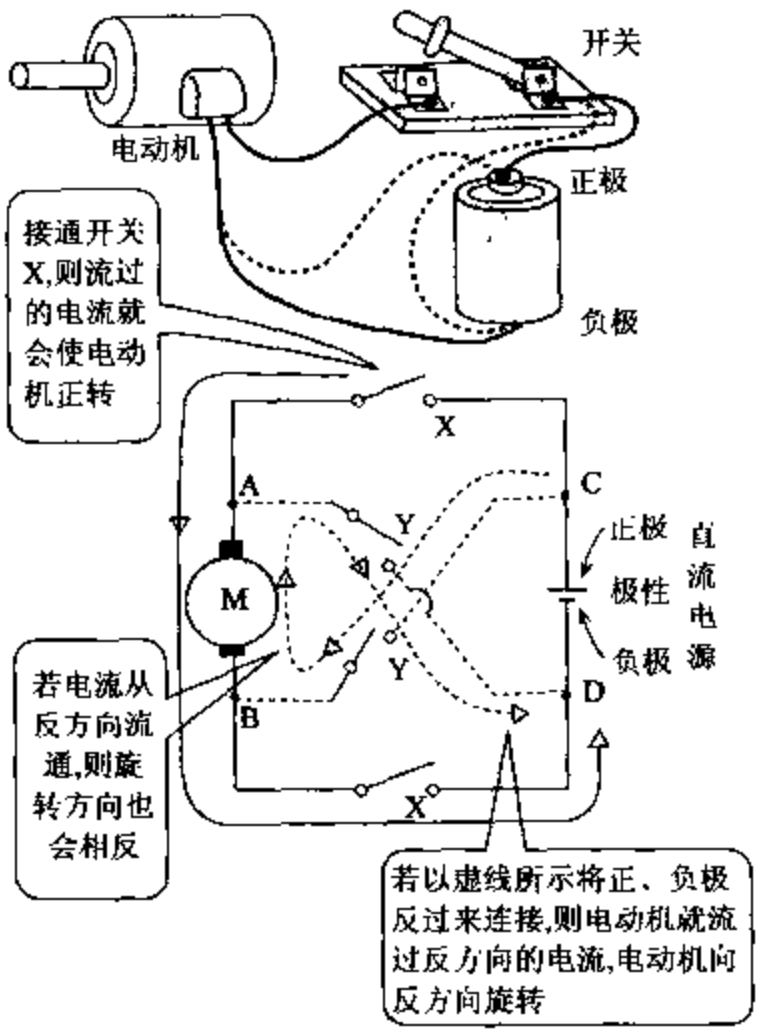


图 2 使电动机旋转的原理图

Ⅲ 使用晶体管的驱动电路

所谓驱动电路,是让执行机构启动、停止的电路。图 2 为根据输入信号控制管通、断的电路。

通、断控制:把电动机接在晶体管集电极上形成的基本驱动电路(参见图 3),称为恒流驱动控制法(基极与发射极之间的雪崩二极管未画出来)。

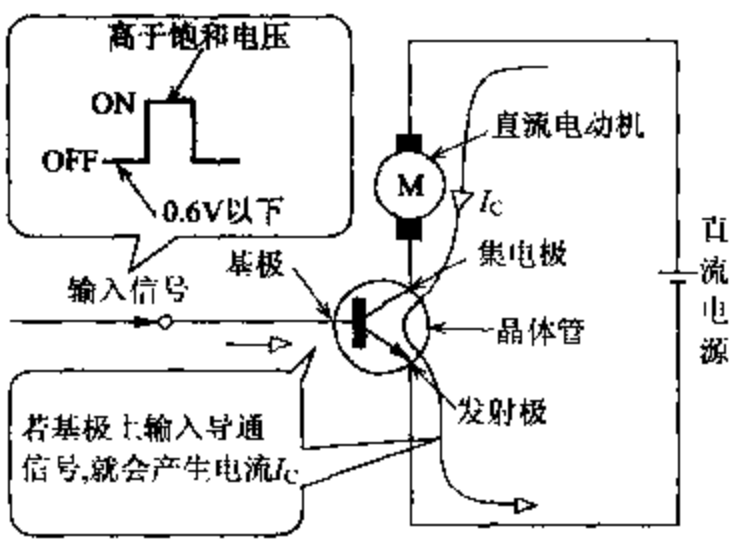


图 3 用晶体管的驱动电路

用 0.6V 以上的信号输入基极，则基极、发射极之间就流过基极电流 I_B，由此产生集电极、发射极之间的电流 I_C，I_C 是 I_B 的 h_{FE}（电流放大系数）倍。

因为 I_C 是使电动机旋转的电流，所以必须要足够大。尽管 I_C 会随着 I_B 的增加而增大，但当 I_B 增加到一定量时，I_C 不再继续增加，这种状态称为**饱和状态**。处于饱和状态时的基极电流 I_B 所对应的基极、发射极之间的电压 V_{BE} 称为饱和电压。通(ON)、断(OFF)控制的信号输入电压，应满足以下条件：

通(ON)：饱和电压以上　　断(OFF)：0.6V 以下

该电路中晶体管上的电压降小，发热量也很小，所以电路的效率很高。

转速控制　如图 4 所示，把电动机接在晶体管的发射极端构成的电动机驱动电路称为**恒压驱动控制法**。

施加在电动机上的电压 V_m 为输入电压 V_i 与基极、发射极之间的电压 V_{BE} 之差。因电动机的转速是由端电压 V_m 决定的，所以通过改变输入电压 V_i 就能改变电动机的转速。图 4 所示是控制转速的基本电路。另外，施加在电动机上的电压 V_m 不是 V_{CC}，而是比 V_{CC} 要低，V_{CC} 与 V_m 之差值电压 V_L，就成了晶体管内的热量消耗（需要散热），因而降低了电路的效率。

图 5 所示是用变阻器来改变输入电压，控制电动机转速的基本电路。若改变可变电阻的 R_1 与 R_2 阻值之比，输入电压 V_i 就改变。由此就可改变电动机的转速（输入电流很小）。

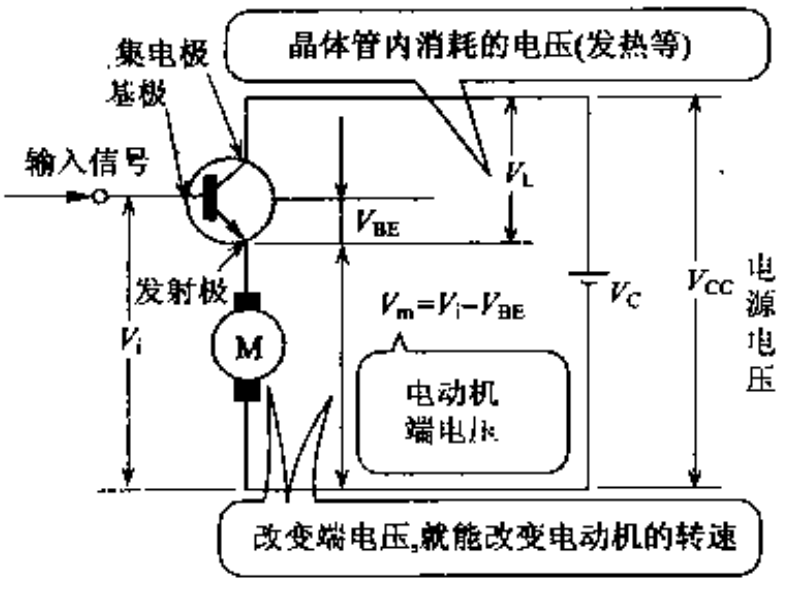


图 4　电动机连接发射极的基本电路

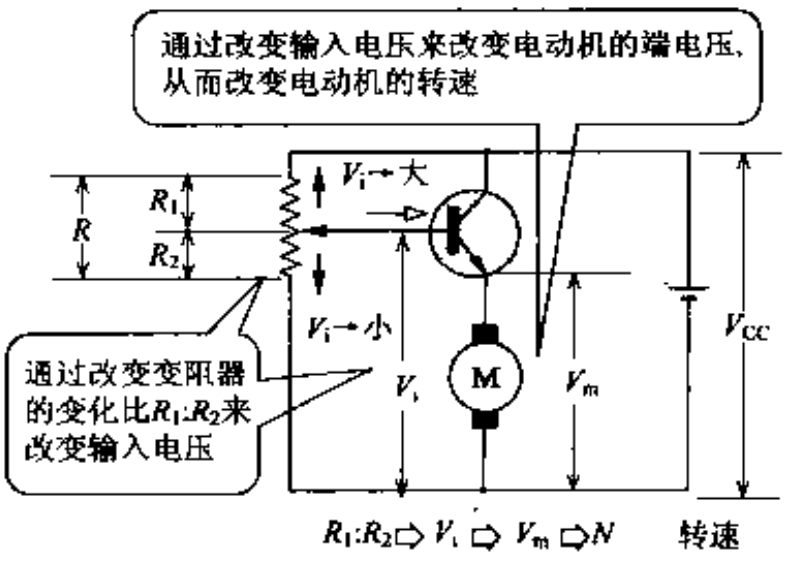


图 5　改变电动机转速的基本电路

可利用图 6 来说明电压 V_2 变化的情况。流过电阻的电流 $I=V_{CC}/(R_1+R_2)$ 因此，得

$$V_2=R_2\cdot I=R_2\cdot\frac{V_{CC}}{R_1+R_2}$$

由此可知 V_2 随着 R_1 与 R_2 的比值的变化而变化。

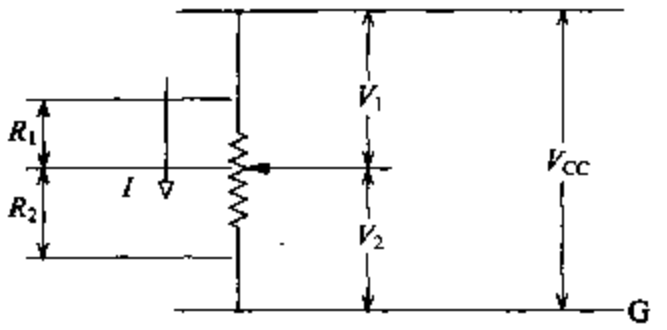


图 6　电压的变化

旋转方向控制：图 7 是用两种晶体管(npn 型与 pnp 型)作为电源的电动机的转向控制原理图。

前面介绍和用到的晶体管，都是 npn 型的。若在其基极上施加高于 0.6V 的电压，则其集电极与发射极之间就有电流 I_1 流过，就会使电动机正转；pnp 型晶体管与 npn 型相反，是通过在基极上施加－0.6V 以下的电压来工作的，此时，电流 I_2 是从发射极流向集电极来使电动机旋转的。因为流入电动机的电流 I_1 与 I_2 方向相反，所以能控制电动机的转向。

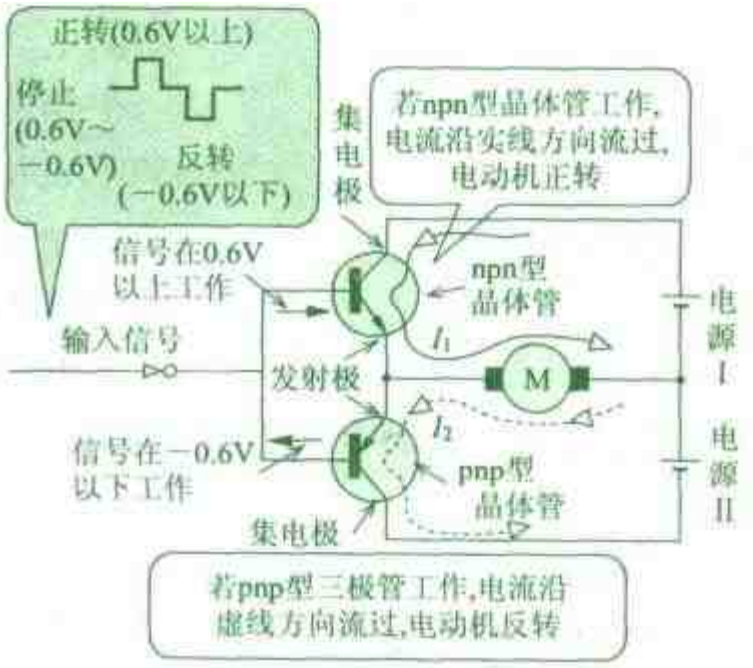


图 7　电动机转向控制的基本电路

下面，我们把图 7 分为图 8 和图 9 进行研究。图 8 就是图 7 电路的上半部分，与前面学过的 npn 型晶体管的发射极接法(参见图 4)相同，因此不再解说。

图 9 所示是把电动机接在 pnp 型晶体管发射极上的电路。

① 晶体管的工作输入信号电压为－0.6V 以下；

② 把电压施加在发射极上构成电路；

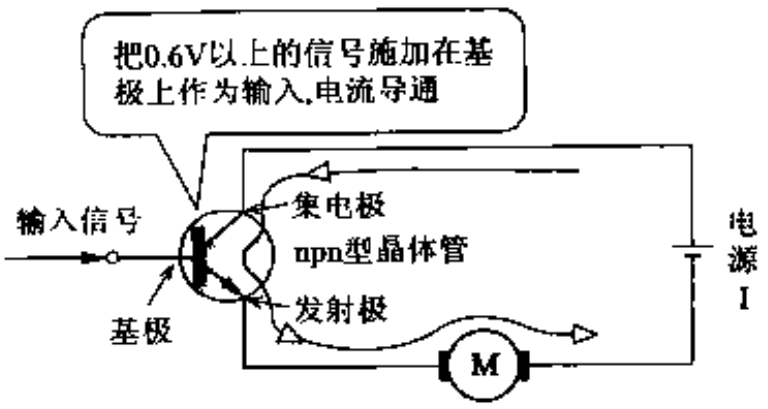


图 8　npn 型晶体管电路图

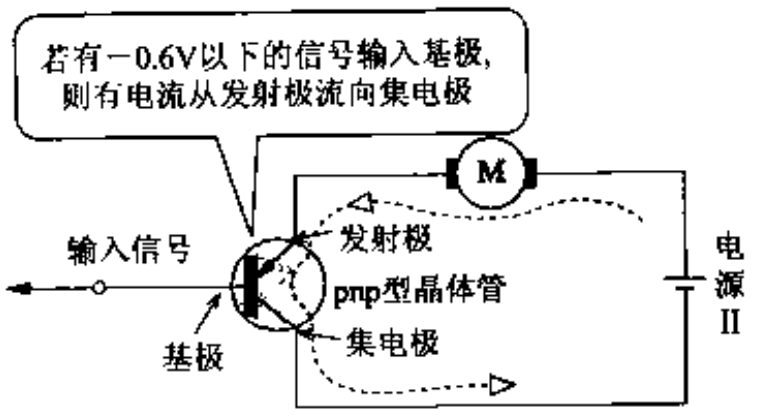


图 9　pnp 型晶体管电路图

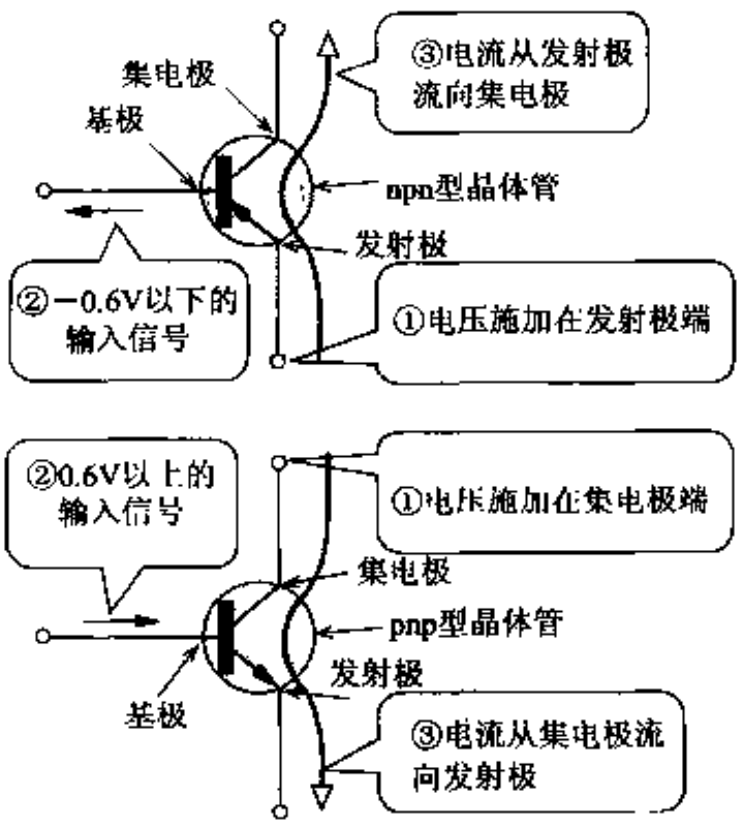


图 10　pnp 型晶体管与 npn 型晶体管工作原理的比较

③ 在基极上输入−0.6V 以下的电压,则有电流从发射极流向集电极。因电路接通有电流,电动机就旋转。

再把这些归纳为图 7 所示的转向控制电路:

① 当输入信号电压为 0.6V～−0.6V 之间时,两个晶体管均不工作,电动机处于停止状态;

② 当输入信号电压高于 0.6V时,npn 晶体管工作,电流从电源I流过集电极、发射极,回到电源I(如实线所示),电动机正转;

③ 当输入信号电压低于−0.6V 时,pnp 晶体管工作,电流从电源 II 流过发射极、集电极,回到电源 II(如虚线所示),电动机反转。

npn 型晶体管与 pnp 型晶体管的工作电流方向不同,流过电动机的电流方向也不同,所以电动机旋转的方向相反。

在图 10 中,可以看到 pnp 型晶体管与 npn 晶体管的工作状态的区别。

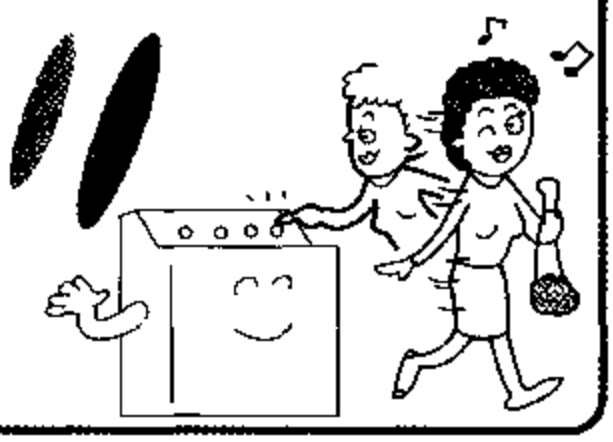
练习题

1. 在转速控制电路中,把直流电动机接在晶体管(npn 型)的发射极时,是通过改变什么来控制转速的?
2. npn 型晶体管与 pnp 型晶体管区别是什么?

解答

1. 通过改变晶体管基极上的输入信号电压来控制转速。
2. 基极的信号电压及施加电压处,电流的方向相反。

4 顺序控制的定义



1 自动控制与顺序控制

表 1 是把自动控制分为顺序控制与反馈控制的分类表。

表 1　自动控制的分类

- 自动控制
 - 顺序控制(定性的控制)
 - 有接点顺序控制
 (以继电器为中心的控制)
 - 无接点顺序控制
 (使用数字集成电路(IC)的逻辑电路控制)
 (使用微机的程序控制,可编程序控制器等)
 - 反馈控制

顺序控制:JIS(日本工业标准)关于顺序控制的定义为:“根据事先确定的顺序,依次执行各控制步骤的控制”。以全自动洗衣机为例,放入要洗涤的衣物与洗涤剂,按启动按钮,于是就自动地执行图 1 所示的一个规定的顺序,完成洗涤工作。

像这样根据所要完成的工作而规定的顺序,一步一步地自动执行,来完成要做工作的控制方式,称之为**顺序控制**。

同时顺序有“接着来”、“次序”的意思,有时可以称为依次序控制。

把只作为启动(ON)、停止(OFF)工作的一个电路切断,可用两点之间的接点来完成。接点闭合,电路就接通(ON);接点断开,电路就切断(OFF)。这种

用继电器(参见图 2)或开关等元器件接点进行的控制称为**有接点顺序控制**。

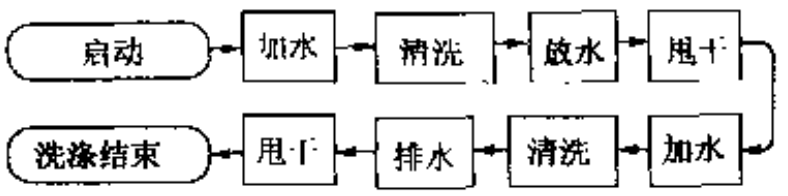


图 1　全自动洗衣机的工作

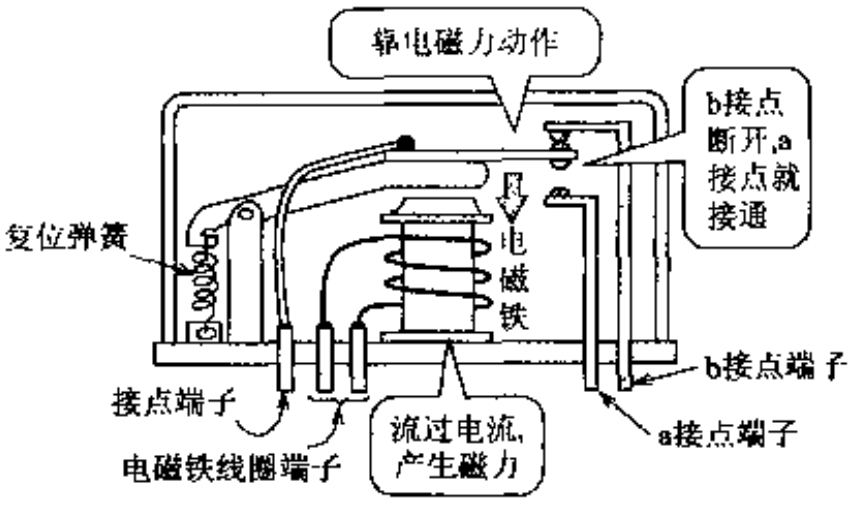


图 2　继电器(电磁继电器)

用“1”表示“ON”,用“0”表示“OFF”,使用逻辑元件(大多用 IC)的数字控制或使用微机的可编程控制器的程序控制称为**无接点顺序控制**。

顺序控制,可以用以下形式来构成电路:

① 梯形电路图(原理图);

② 时序图、流程图;

③ 逻辑图、真值表。

Ⅱ　顺序控制的基本电路

与(AND)电路:全部输入均为 ON 时,才能工作(也称为输出)的电路。

图 3 为有接点顺序控制中的 AND 电路的梯形图。其动作过程为:

① 只有当输入接点 X 与 Y 都接通,1-2 之间流过电流,继电器 R 才动作;

② 继电器 R 动作,其接点闭合,3-4 之间流过电流,输出继电器 Z 就动作。

图 4 是无接点顺序控制用的逻辑元件(AND 电路)的符号,表 2 是 AND 电路的逻辑表达式 $Z=X\cdot Y$ 的真值表。

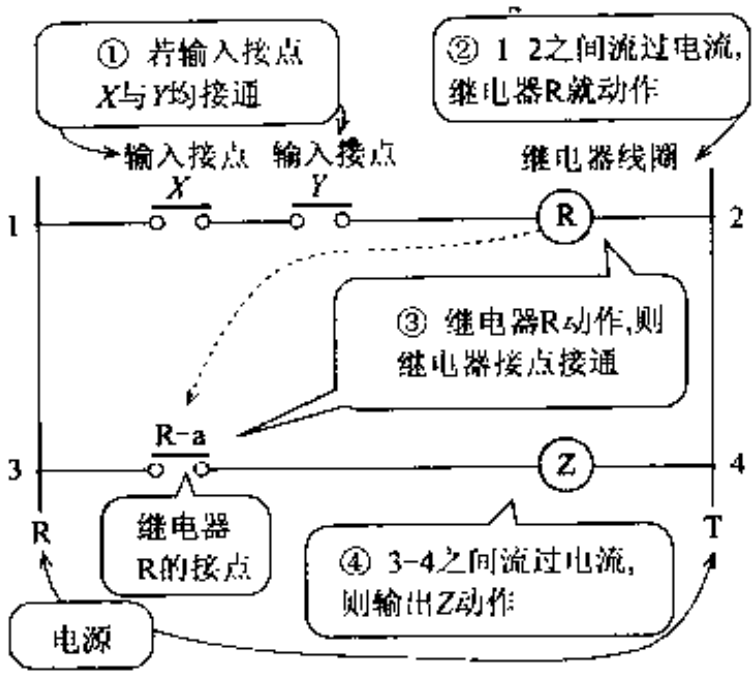


图 3 AND 电路的梯形图

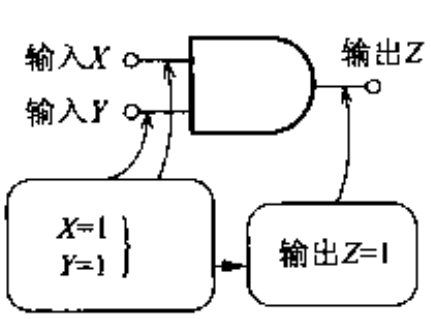


图 4 逻辑元件符号(AND 电路)

表 2 AND 电路的真值表

输 入		输 出
X	Y	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$Z = X \cdot Y$(逻辑表达式)

用"1"表示"ON",用"0" 表示"OFF"。

AND 电路,如真值表(参见表 2)所示,只有当输入信号 X 与 Y 同时为 1 时,输出 Z 才为 1;其他情况下,输出均为 0。

或(OR)电路:只要有一个输入接点接通(ON),输出电路就工作的电路。图 5 所示的是 OR 电路的梯形图。

其动作过程为:

① 任一输入接点 X 或 Y 接通,则 1-2 之间流过电流,继电器 R 就动作;

② 继电器 R 动作,则继电器 R 的接点接通,3-4 之间就流过电流,输出继电器 Z 就动作。

图 6 是 OR 电路的逻辑元件符号,表 3 是 OR 电路的表达式 $Z = X + Y$ 所对应的真值表。可见 OR 电路中,输入 X、Y 任一个点接通时,输出就接通。

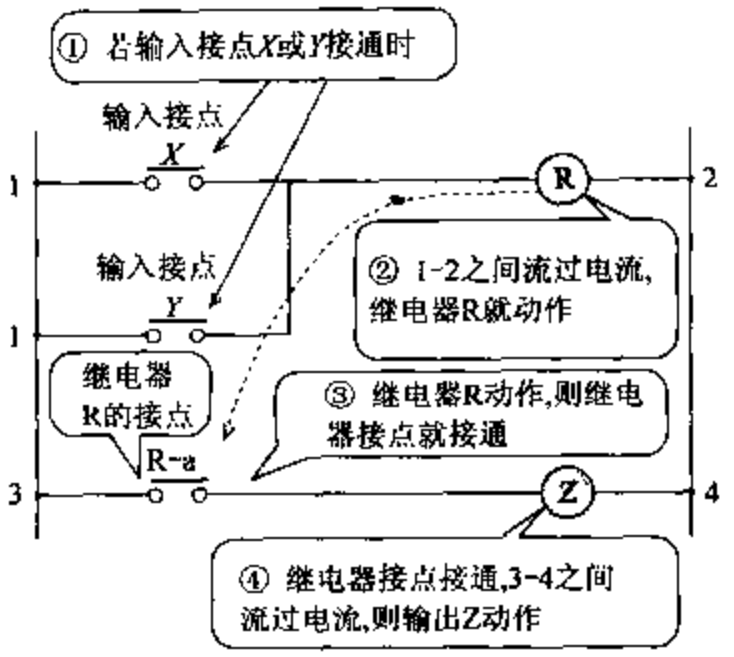


图 5　OR 电路的梯形图

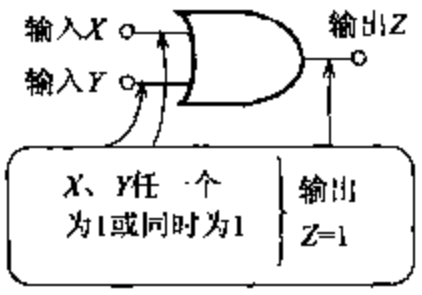


图 6　逻辑元件符号(OR 电路)

表 3　OR 电路的真值表

输　入		输　出
X	Y	Z
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

$Z=X+Y$(逻辑表达式)

自保持电路　即使输入信号消失后，也始终保持输入状态的信号，此电路称为自保持电路。其基本形式如图 7 所示。

自保电器的动作过程如下：

① 输入接点 X 接通，则 1-2-3 之间流过电流，使继电器 R 动作；

② 继电器的接点 $R\text{-}a_1$ 与 $R\text{-}a_2$ 接通；

③ 4→2→3 流过电流，建立旁路；

④ 5→6 流过电流，输出继电器 Z 动作；

⑤ 输入接点 X 断开，电流仍然沿着 4→2→3 的旁路流过，使继电器 R 继续工作；

⑥ 输入接点 Y 是用常闭接点(b 接点)。输入接点 Y 上有信号输入，其 b 接点就断开，切断了 4→2→3 之间的电流，使继电器 R 动作；

⑦ 继电器 R 的接点断开后，就停止输出。

图 8 是自保持电路的时序图。

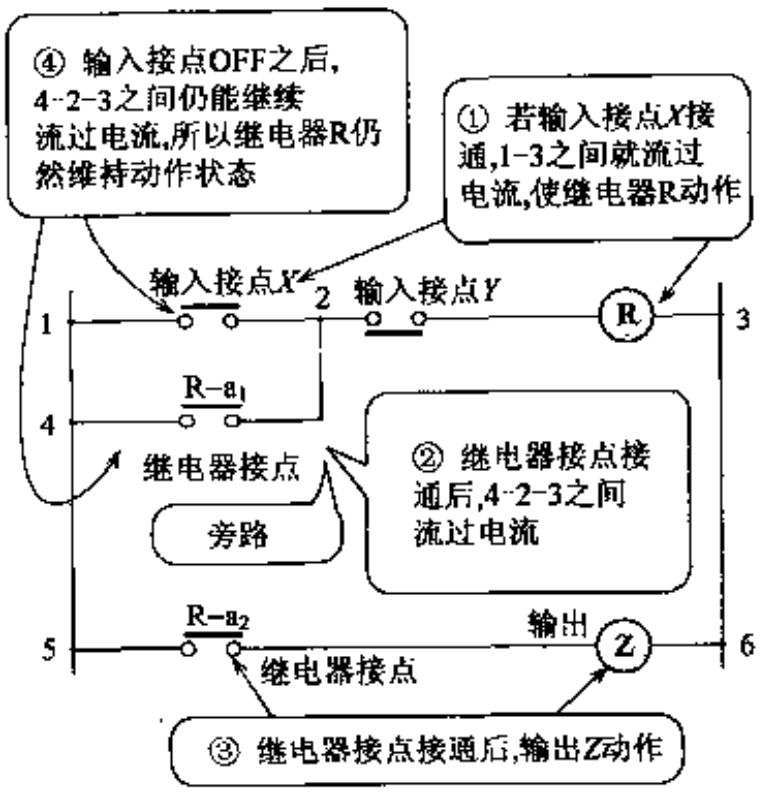


图 7 自保持电路的梯形图

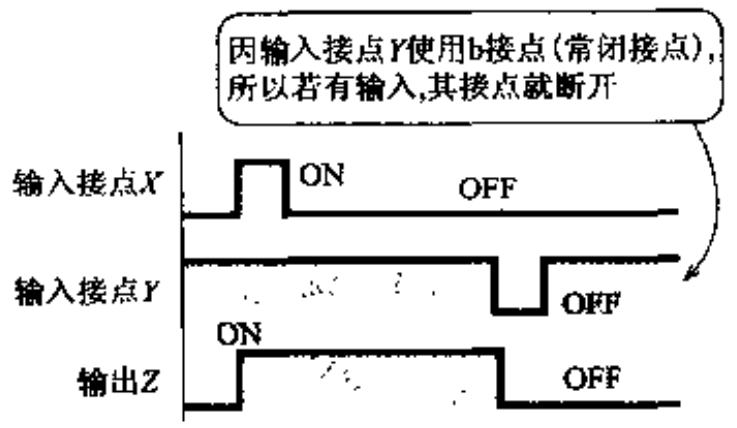


图 8 自保持电路的时序图

自保持电路是常用的基本电路，其特征是把执行动作的继电器接点也作为输入接点，与输入接点并联构成旁路。

图 9 表示使用逻辑元件的无接点顺序控制自保持电路，表 4 为与其对应的真值表。图中的非(NOT)电路是输出与输入的逻辑值相反(1 变 0，0 变 1)的电路。

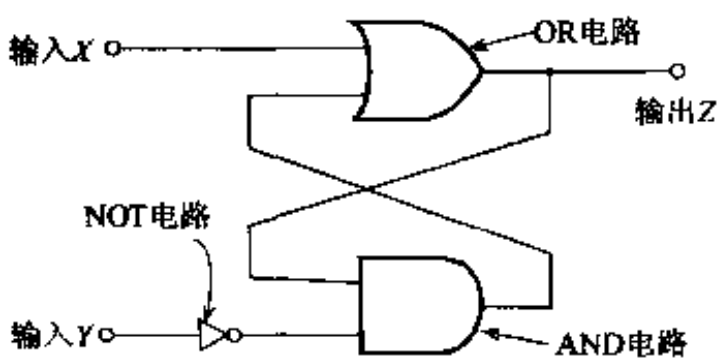


图 9 自保持电路(记忆电路)

表 4　自保持电路的真值表

序　号	输　入		输　出	电路状态
	X	Y	Z	
1	0	0	0	初始状态
2	1	0	1	输入 ON
3	0	0	1	输出保持
4	0	1	0	输入 OFF
5	0	0	0	初始状态

定时器有接通延时与切断延时两种定时器。这里介绍接通延时定时器：

① 输入信号输入定时器；

② 定时器动作；

③ 经过一定的设定时间，接点动作；

④ 切断输入信号，接点断开，返回到初始状态。

无接点定时器使用单稳态多谐振荡器或触发电路。

图 10 为定时器的时序图。

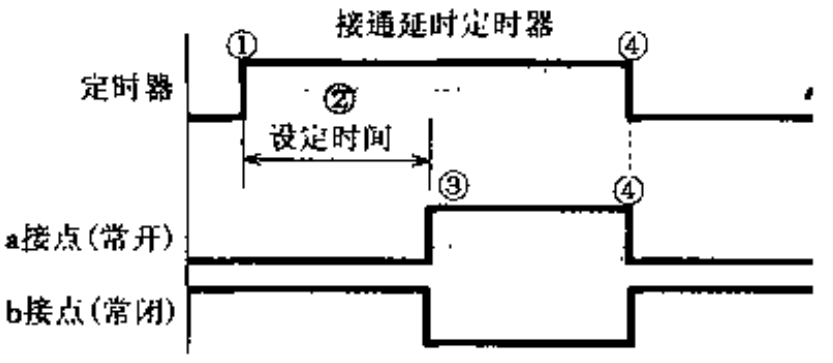


图 10　定时器的时序图

Ⅲ　简单装置的顺序控制电路

图 11 是用活塞将物体从 A 点通过 B 点移动到 C 点的装置的结构图。其动作顺序如下：

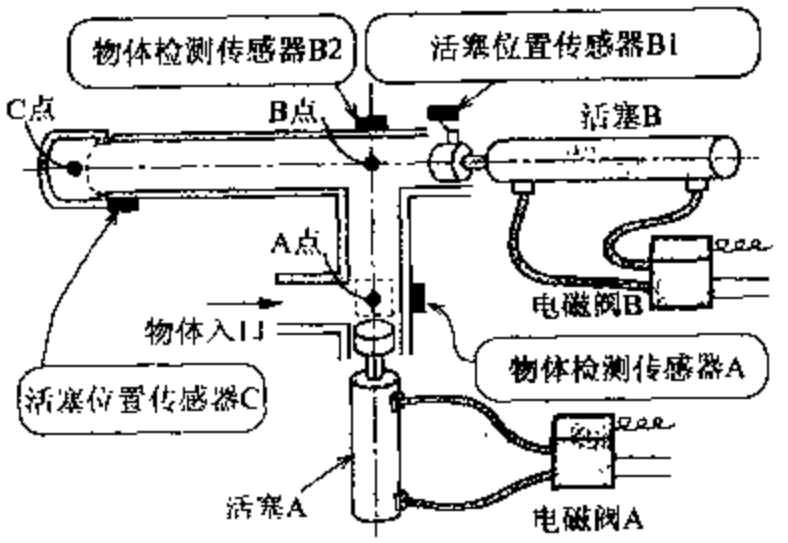


图 11 从 A 点移动物体经过 B 点再到 C 点的装置

① 物体进入 A 点，由传感器检测到物体；

② 传感器检测到物体后，活塞的位置检测器 B1 检测到活塞 B 处于 B 点，活塞 A 动作，将物体移动到 B 点；

③ 当物体检测传感器 B2 检测到物体到达 B 点后，活塞 B 动作，将物体移动到 C 点，并且从检测到物体到达 B 点起经过一定的时间（例如 2 秒）后，活塞 A 返回 A 点；

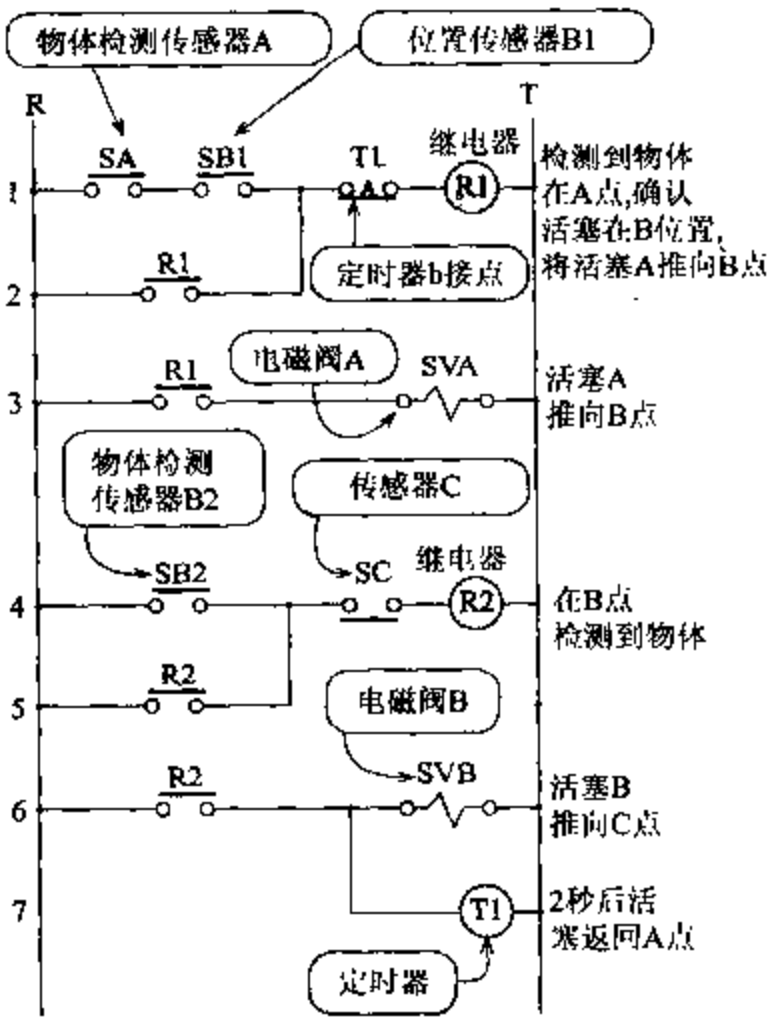


图 12 梯形图

④ 当汽缸位置传感器 C 检测到活塞 B 到达 C 后，活塞 B 就返回 B 点。

以上动作控制用的梯形电路图，如图 12 所示。现说明其动作流程：

第 1 行　物体检测传感器 A(SA)和位置传感器 B1(SB1)接通，则继电器 R1 动作；

第 2 行　(通过继电器 R1 的接点)自保持；

第 3 行　继电器 R1 的接点接通，使电磁阀 A(SVA)动作；

第 4 行　若物体检测传感器检测到 B 点处的物体，则 B2(SB2)接通，使继电器 R2 动作；

第 5 行　(通过继电器 R2 的接点)自保持；

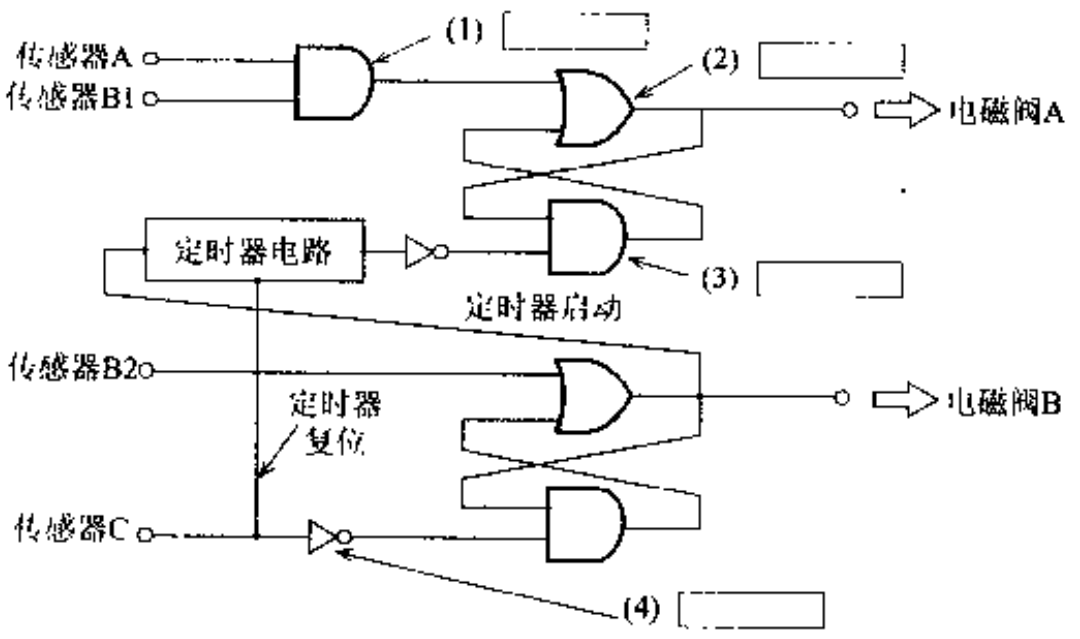
第 6 行　继电器 R2 的接点接通，使电磁阀 B(SVB)动作；

第 7 行　定时器 T1 动作，2 秒后第 1 行定时器 T1 的 b 接点 OFF，活塞 A 返回到原处。

第 4 行的位置传感器 C 的 b 接点 OFF，活塞 B 就返回到原处。

练习题

1. 下图是将图 11 的电路用无接点逻辑图表示的电路，在图中(1)～(4)的□中添入逻辑电路的名称。



解答

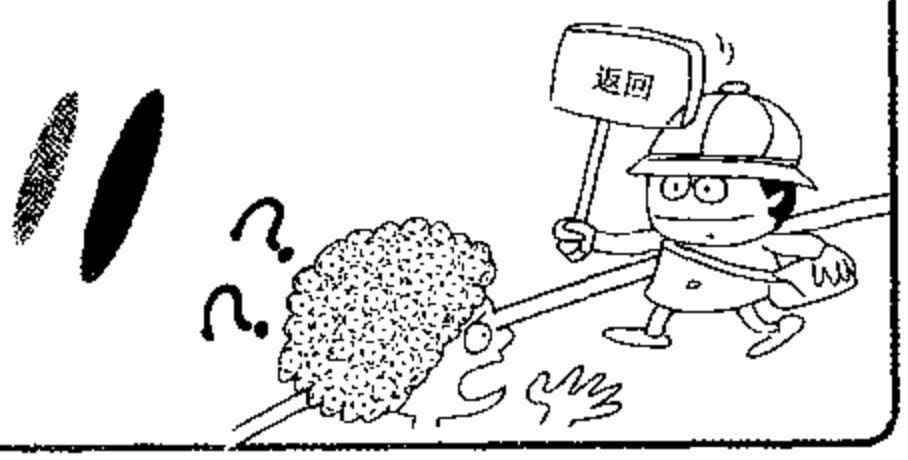
(1) AND 电路。

(2) OR 电路。

(3) AND 电路。

(4) NOT 电路。

5 反馈控制



1 反馈控制的定义

反馈含有“返回”或“为了加强修正而以某种方式将现有结果的一部分抽出返回”等意思。交通信号灯是以绿、黄、红灯的点亮、熄灭时间按顺序来控制的，这就是顺序控制。

有时，人们在马路的交叉路口等待红灯熄灭时，在绿色信号方向却没有车辆通过，但红灯仍然亮着，这很不合理(参见图 1)。此时在交通拥挤的交叉路口，最好是由交通警察按交通流量的情况来调整信号灯的转换。

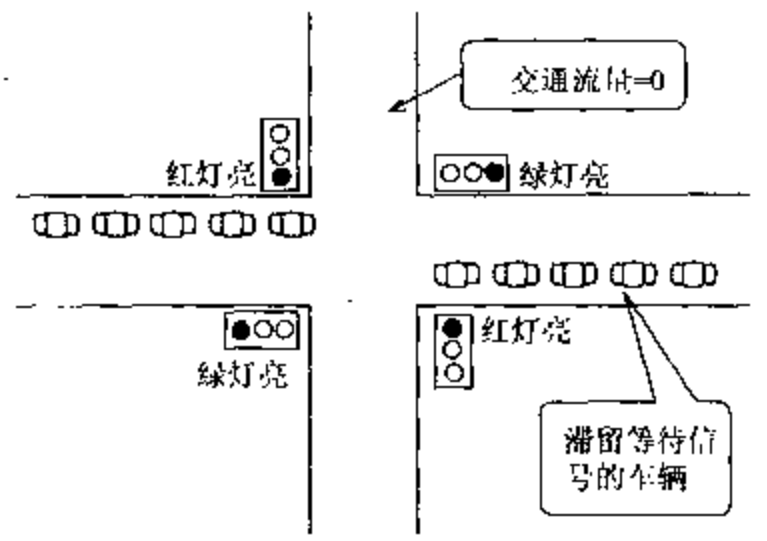


图 1 不合理的交通信号

将这样的调整用自动控制来实现(参见图 2)，就称为反馈控制。反馈控制的定义是“将控制对象的控制量与目标量进行比较，进行动作修正使其差值为

零的控制”。

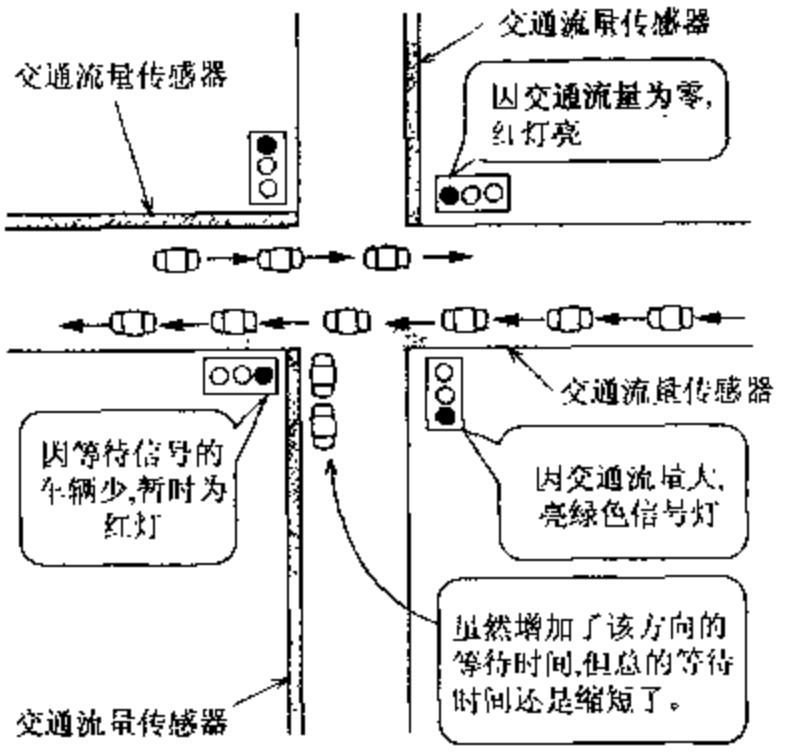


图 2　用反馈控制的交通信号

图 3 以空调为例对反馈控制的基本结构进行说明。

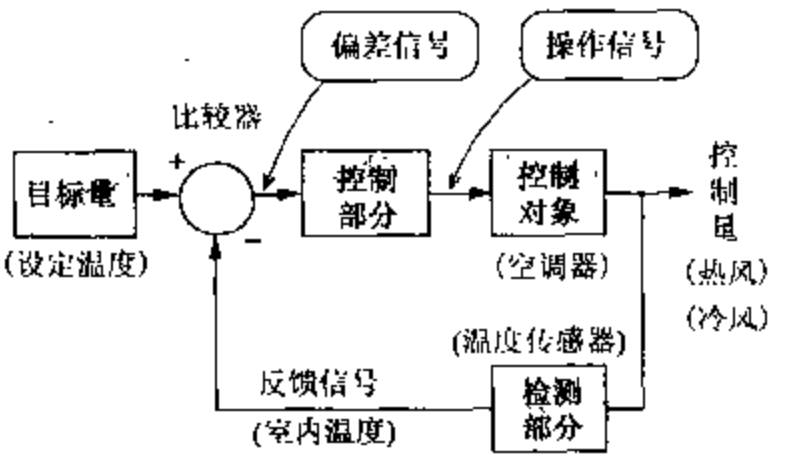


图 3　反馈控制的基本结构

① 目标量是设定的室内温度；

② 检测部分，测定室内温度并送往比较部分；

③ 比较部分将设定温度与室内温度进行比较，其差值作为偏差信号送往控制部分；

④ 控制部分根据偏差信号，确定控制手段(加热或制冷)，发出操作信号；

⑤ 根据操作信号来运行空调器。

⑥ 返回，反复执行从②～⑥的操作。

反馈控制的分类

根据控制对象的不同，反馈控制有许多种类。下面介绍控制量与目标量的分类。

(1) 根据控制量的性质分类

① **伺服机构控制** 是对机械的位置、方向、姿态等目标值的任意变化进行跟踪的控制(参见图 4)。

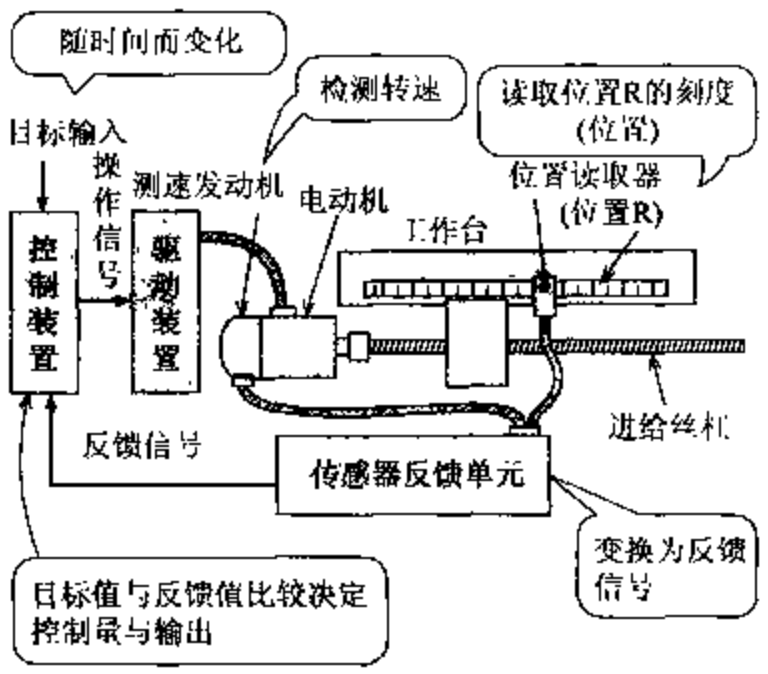


图 4 用伺服机构的工作台控制

② **自动调整** 主要是对速度、牵引力、电压、电流等机械量或电气量进行的控制。

③ **过程控制** 对化工厂等装置的压力、温度、流量、浓度、pH 值等的状态量进行的控制(参见图 5)。

(2) 根据目标的性质分类

① **定值控制** 使目标值保持恒定的控制(过程控制)等。

② **跟踪控制** 跟随目标值的变化，所进行的控制(伺服机构的控制)等。

③ **程序控制** 事先设定好目标值的变化，按计划进行控制(过程控制)等。

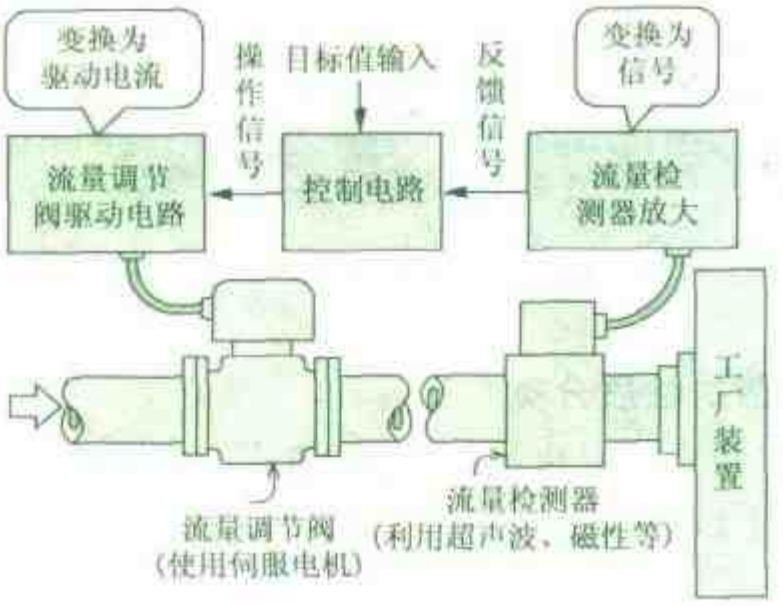


图 5　过程控制之一

Ⅲ　伺服机构的定义

伺服机构也还是多用电气式的。图 6 所示是电气式伺服机构的基本结构，其动作如下面所述：

① 将手柄转动 θ_1 角度(输入信号)；

② 输入端位置检测器的可变电阻将角 θ_1 作为输入信号(电压 V_2)送入放大器；

③ 同样地在输出端的位置检测器将现在的位置作为输出信号(电压 V_2')送入放大器；

④ 用放大器将输入信号与输出信号作比较，将其电压差值放大，并作为送到电动机的操作信号；

⑤ 根据操作信号，电动机开始旋转；

⑥ 在④的放大器中，输入信号与输出信号之差值为零之前反复进行③～⑤ 的操作。

伺服电动机通常都用在加工机械的控制中，如图 4 所示的控制就用于机床控制中。图 6 所示的控制，则用于轮船驾驶或汽车的动力转向装置的控制中。

汽车的动力转向装置以液压式为主，电气式一般用于特种车辆，但最近也在普通的汽车上采用。图 7 是电气式汽车转向装置的原理图。

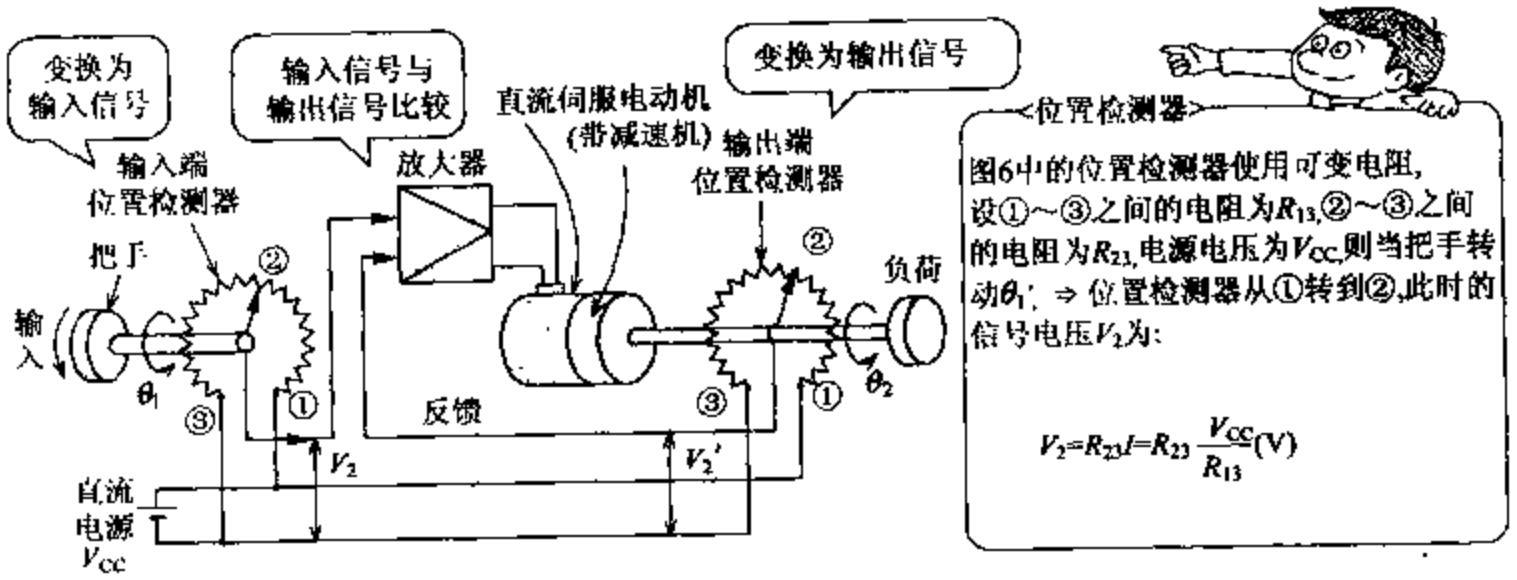


图 6　电气伺服机构的基本结构

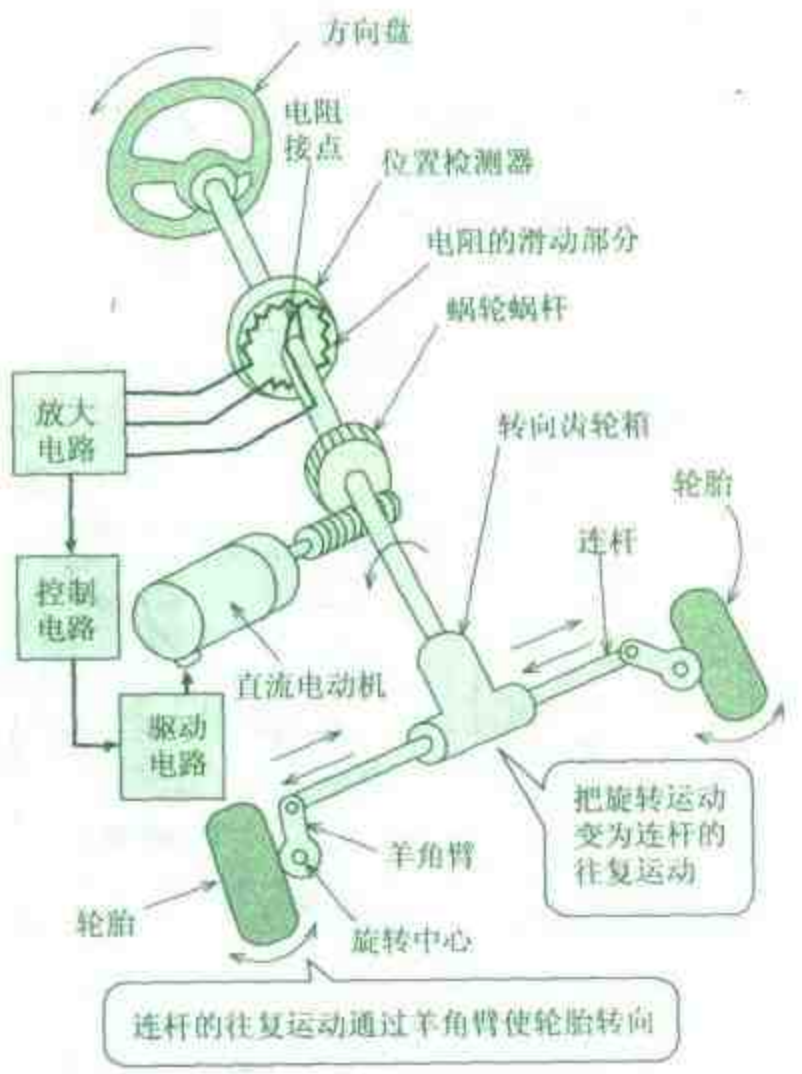


图 7　电气式动力转向装置的原理图

电气式汽车转向装置的动作说明如下：

① 若方向盘转动，则位置检测器的电阻滑动部分就转动，从而使它与电阻接点之间产生移位；

② 此变化引起电阻值的变化，从而使电压也随之变化。通过放大电路放

大、比较(有无移位与移位方向),输出放大后的信号;

③ 由控制电路产生的操作信号,通过驱动电路,使直流电动机旋转;

④ 电动机的旋转经过蜗轮蜗杆减速,使电阻接点往电阻滑动部分的旋转方向移位,把①所产生的移位抵消;

⑤ 电动机旋转减速之后,通过转向齿轮使连杆往复运动;

⑥ 这一往复运动通过羊角臂的传动使轮胎转向;

⑦ 由于①所产生的移位没有直接通过电动机的转动来抵消,所以方向盘与轮胎的转动在时间上稍微有些滞后。

实际使用的控制电路,是采用微机控制的,以车速等数据为基础,对方向盘等进行控制。像这种跟踪输入(方向盘的转动)所进行的控制,在控制类型上可归入跟踪控制。

图 8 是图 7 的控制原理图。可变电阻 R_V 相当于位置检测器的电阻(参见

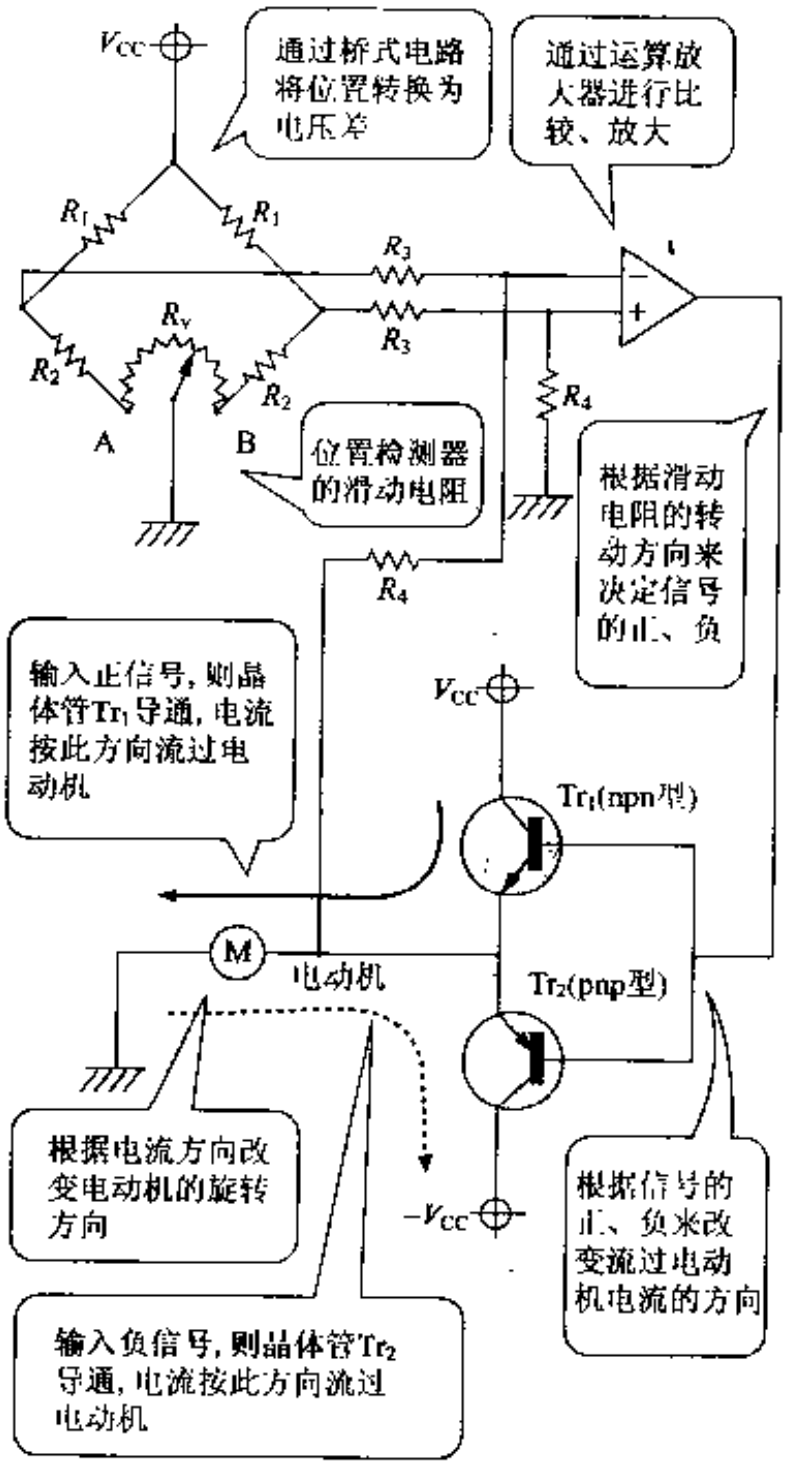


图 8　根据移位对电动机控制的电路原理图

图 9)，滑动电阻的电阻差值就是电压的差值。用运算放大器对这一差值进行检测、放大，转换为操作信号，送到两个晶体管上。信号为正时，Tr_1 导通，信号为负时 Tr_2 导通，以此来决定转动的方向。

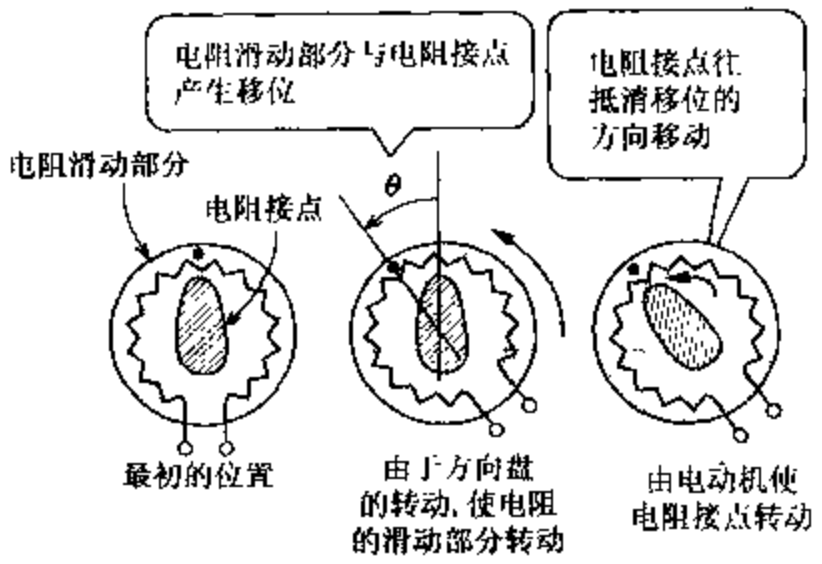


图 9　位置检测部分的动作

Ⅲ　过程控制的定义

过程控制具有“工程”的意思。化学工业(过程工业)中，利用装置进行生产过程等自动控制的方法，称为过程控制。

尽管从家用空调器的控制到大型的石油化工过程控制种类繁多，但其基本要素是相同的。这些要素就是检测、比较判断、调节操作等。

图 10 为热交换装置的原理图。为了对液体 A 进行冷却或加热，要使流过交换器的液体 B 的热量，通过调节阀来调节液体 B 的流量，使液体 A 的温度保持在目标值。

简单热交换器的控制，只要通过调节液体 B 的流量来控制液体 A 的热交换器出口温度就可以了。但对温度的控制精度有较高要求时，就得检测各种必要的控制因素，进行精确的控制。这时，由于判断因素多，电子电路也复杂，所以大多采用微机控制。

过程控制所检测的压力、温度与流量等大多数是模拟量，在采用计算机控制时，必须把它们变为数字量来进行控制处理。

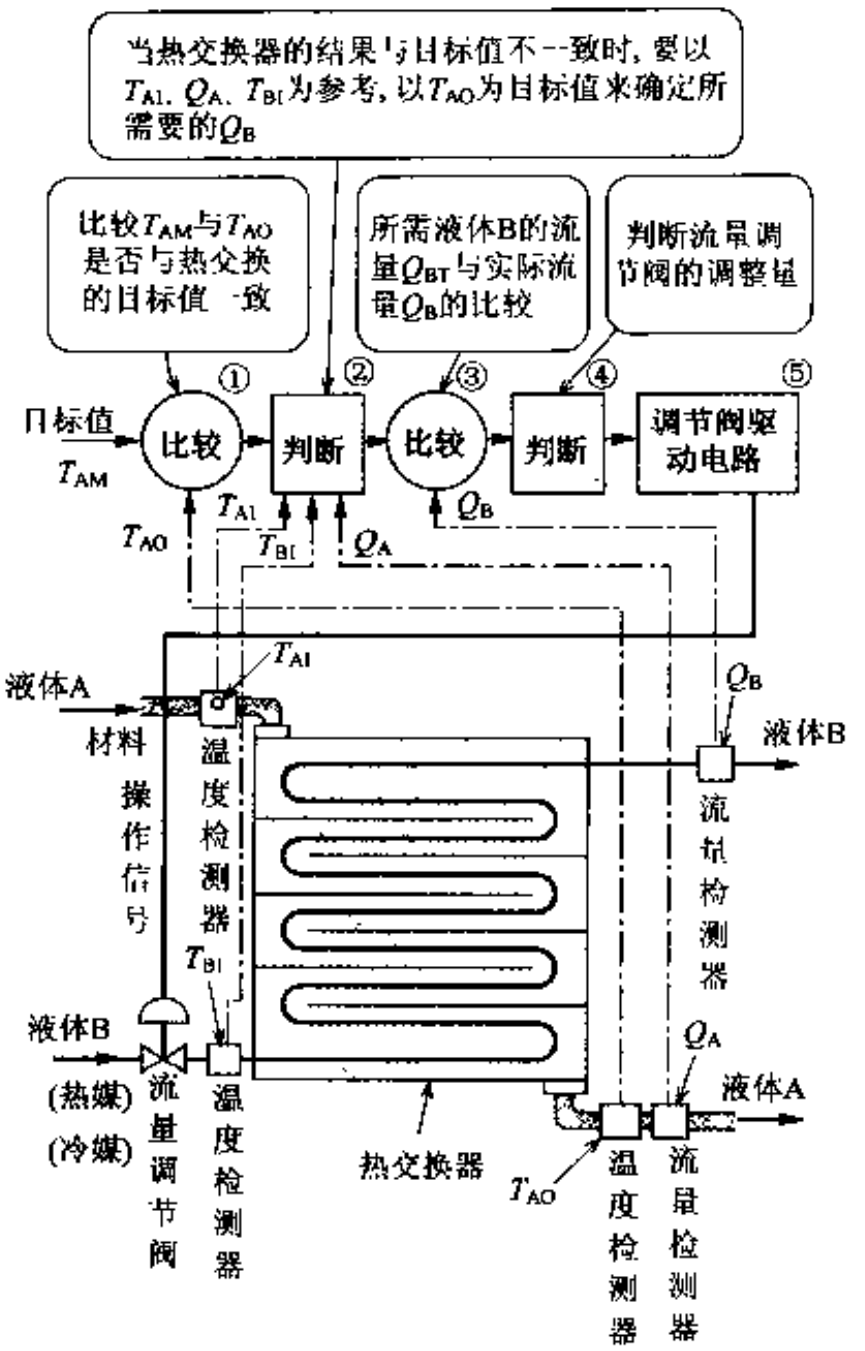


图 10　热交换原理图

练习题

1. 对反馈控制进行简单的说明。
2. 数控机床等所用的工作台移动的控制，用什么控制装置？

解答

1. 将从控制对象得到的检测量与目标量相比较，进行消除其差值的控制。
2. 利用反馈控制的伺服机构进行跟踪控制。

6 模拟控制与数字控制



1 模拟与数字

模拟：是“相似”或“类似”，即“相互类似”的意思。模拟在电气领域使用时，为电气现象的相似。

实际的电气现象大多是连续的曲线（参见图 1）。模拟是“连续的”事物。

数字是用手指来作比喻，虽然“1，2，3…”的断续数字“屈指可数”，但是 1 与 2 之间没法连续表示，只能用“1，2，3…”的断续数字来表示（参见图 2）。数字是“断续的”事物。

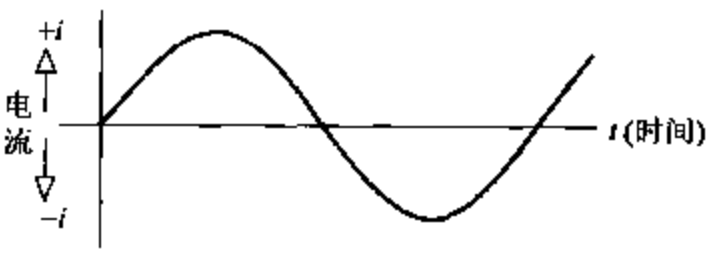


图 1 电气现象的例子

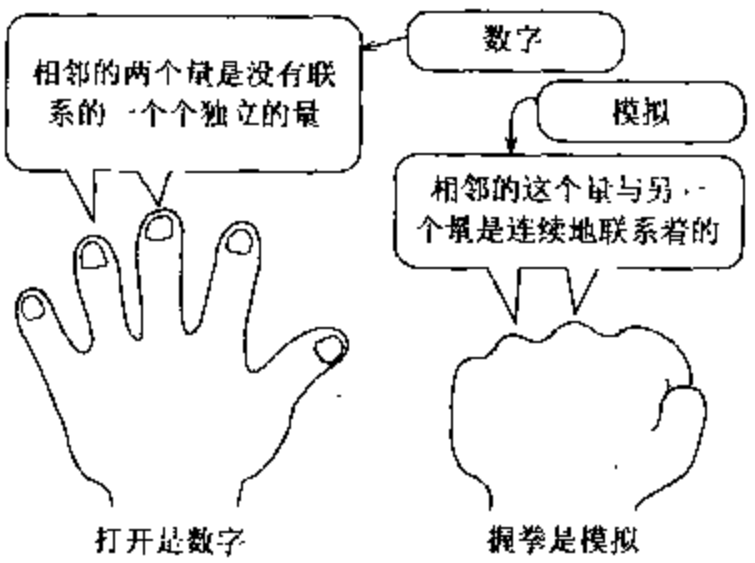


图 2 手与模拟、数字

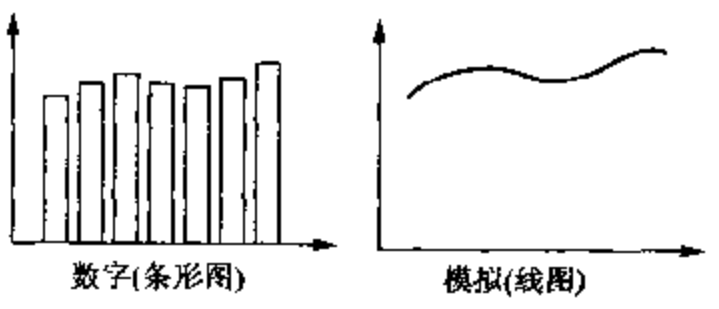


图 3 数字图与模拟图

图 3 是表示数字与模拟的形象的对比图。

1　模拟信号与数字信号

模拟信号：把温度、压力、转速与速度等控制对象的变化作为连续信号处理，就称为模拟信号。其变化主要是对时间的变化(参见图 4)。

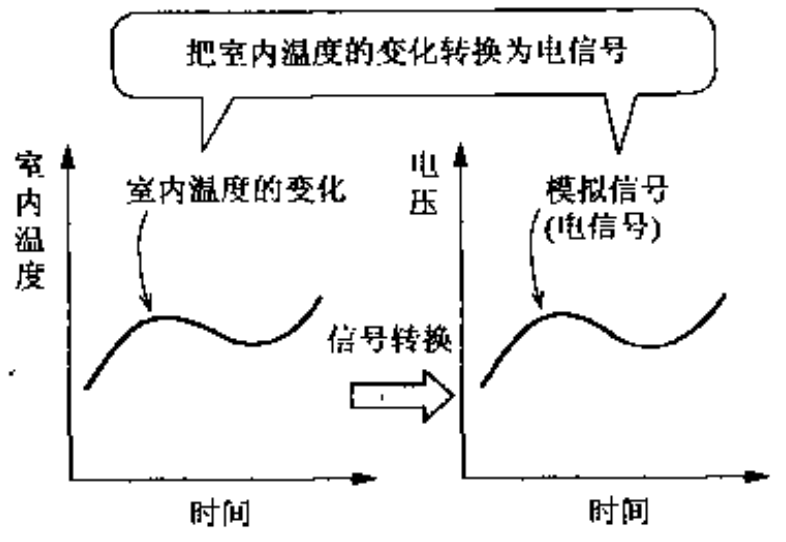


图 4　模拟信号转换的例子

模拟信号多数是电信号，因为：

① **使用方便**　可很方便地利用电力公司或电池所提供的电源；

② **信号易于加工(转换)**　由于电力技术与电子技术的发展，可根据使用目的转换为所需要的信号。

模拟信号几乎是原封不动地从现象本身取得的信号，能以实际的数据来作为输入与输出。如图 5 所示，把室内温度的连续变化，转换为传感器电阻的变化，再转换为信号电压的连续变化。

使用电动机驱动时也是一样，不能瞬间把转速提高到所需要的转速，而是使转速缓慢地上升，用的就是连续控制。

数字信号　在图 6 所示的传送带上，当所传送的物体由光传感器计数时，光传感器就向计数器发出计数信号，其信号为图 7 所示的断续波形。当检测到物体时，波形就上升到高电平；没有物体时，波形就下降到低电平，即数字信号。

数字信号的使用方法有以下两种：

① **计数式**　对传送带上输送的物品进行计数，是根据信号的脉冲数(波形隆起部分的数量)来指示物品数量的方法；

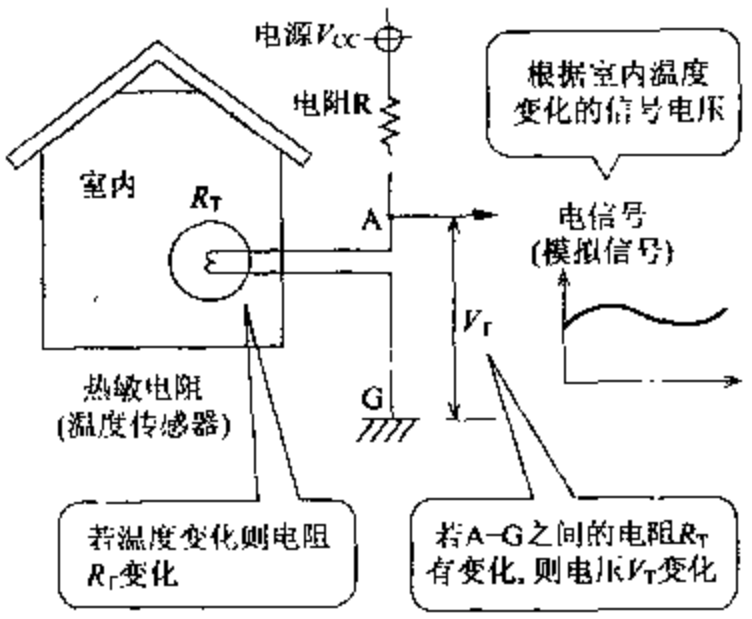


图 5 把温度转换为模拟信号的原理

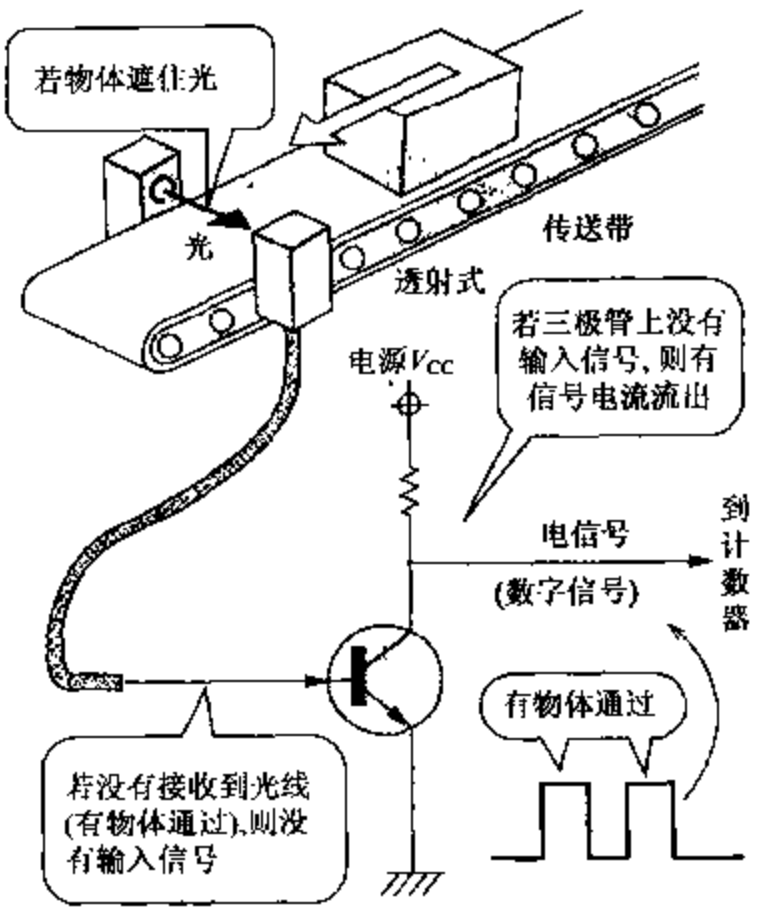


图 6 物体计数的数字信号电路原理图

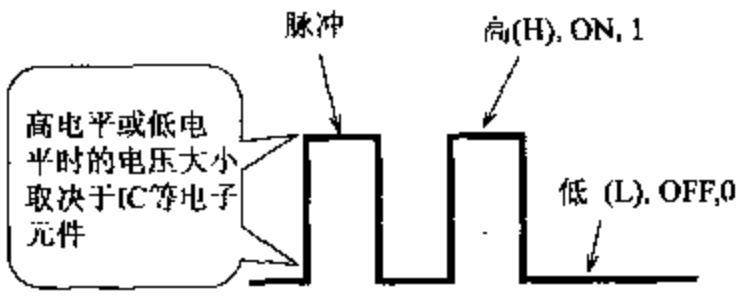


图 7 数字信号

② **编码式** 以数值或符号来表示有间隔(时间等)的数字信号的脉冲数或脉冲的排列等(参见图 8)。



图 8 数字信号与条形码使用法的例子

数字信号只表示图 7 所示的有、无脉冲两种状态。

有脉冲：高(High)，ON，1；无脉冲：低(Low)，OFF，0。

Ⅲ 模拟控制与数字控制

模拟控制 例如电动机的转速与电灯的亮度控制，用的是连续控制的方法。简单的模拟控制，是通过控制可变电阻 Rv 来使直流电动机的转速连续变化的(参见图 9)。

以可变电阻连续变化产生的电流作为输入，采用直流晶体管放大电路的驱动电流，称为信号的处理，流过直流电动机的电流为输出。这样的控制流程，用模拟信号连续地进行控制称为模拟控制。

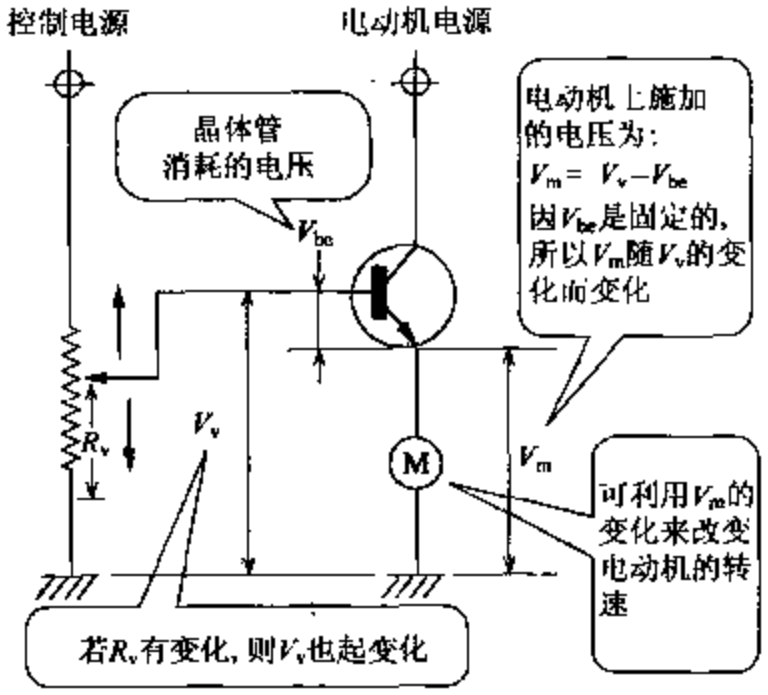


图 9 直流电动机的连续转速控制(模拟控制的简单例子)

模拟控制的信号处理除了放大之外，还有运算、比较、调制、振荡等的处理。控制元件除了晶体管之外，还有如图 10 所示的运算放大器(一种模拟集成电路(IC))。简单说明一下应用运算放大器进行控制的基本电路。

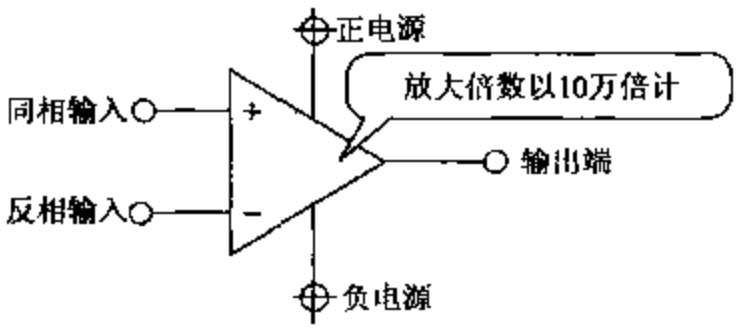


图 10 运算放大器的基本引线图

〈放大电路〉

运算放大器本身的放大倍数(输出输入之比)根据种类不同而不同,最大可达 10 万倍。一般要将放大后的一部分返回到它自己的输入端,以调整放大倍数,这种方式称为反馈。

输入的方法有两种:一种称为同相输入,是将输入加在同相输入端,其输出与输入的极性(正、负)相同;另一种称为反相输入,是将输入信号加在反相输入端上,其输出与输入的极性相反(参见图 11～图 13)。

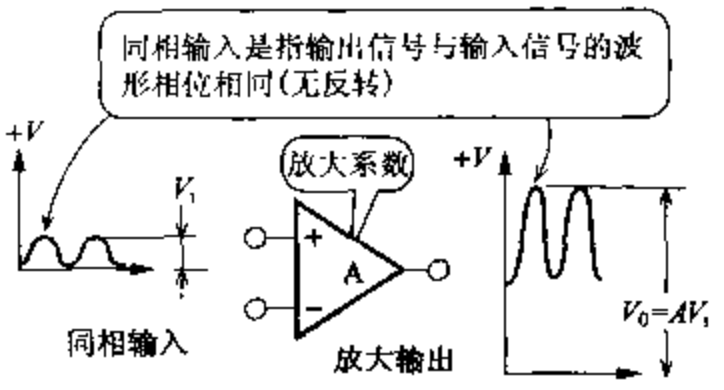


图 11　同相放大

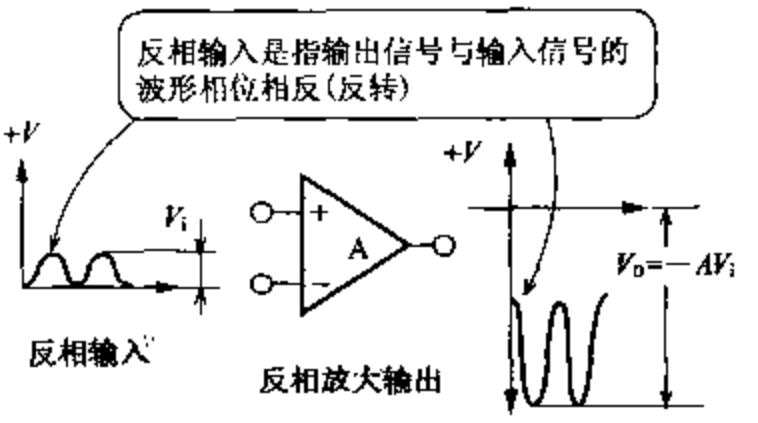


图 12　反相放大

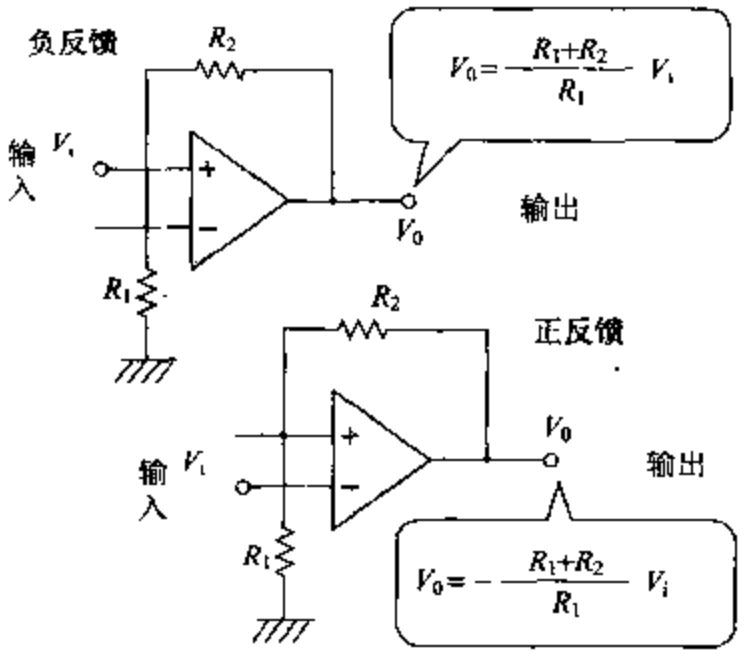


图 13　通过反馈来调整放大系数

〈运算电路(差动放大电路)〉

差动放大电路是运算电路中经常使用的电路。这种电路可以通过将两个输入信号(V_1 与 V_2)分别加在同相输入端或反相输入端,将两个输入信号电压之差(V_1-V_2)放大(参见图 14)。

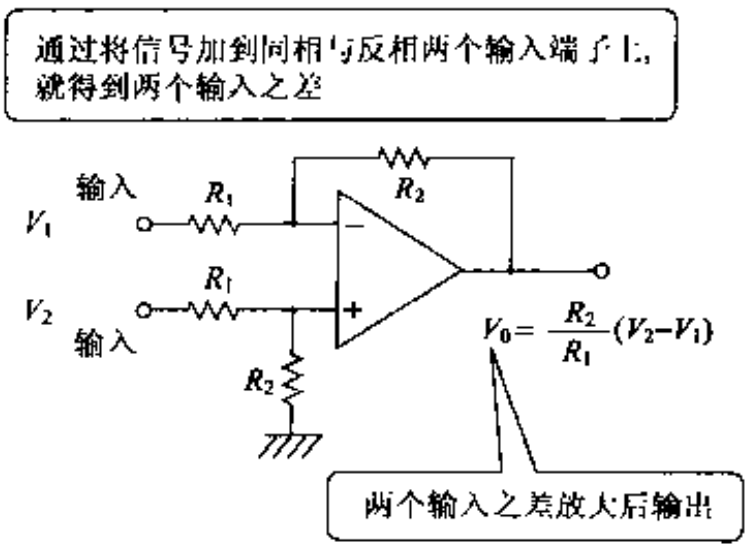


图 14　差动放大电路

数字控制　若将直流电动机转速由模拟控制改为数字控制，可对电动机的转速进行分段控制(参见图 15)。

数字控制的最简单控制是对电动机等进行启动、停止的控制。当数字信号(脉冲信号)为高电平(1)时，电动机启动；当数字信号为低电平(0)时，电动机就停止(参见图 16)。

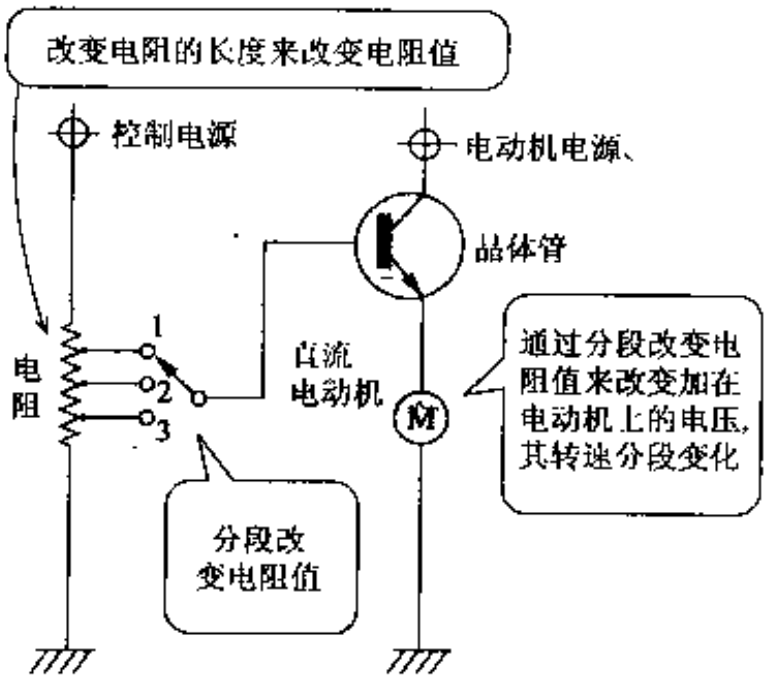


图 15　直流电动机转速的分段控制

数字控制是用数字信号进行输入、输出处理，用与(AND)电路、或(OR)电路、数字 IC 和三极管等数字电路作为控制元件。

典型的数字控制处理功能有以下几种：

① **比较**　比较两个数据的大小(逻辑电路的组合、专用 IC)；

② **运算**　加法、减法和除法等(逻辑电路的组合、专用 IC)；

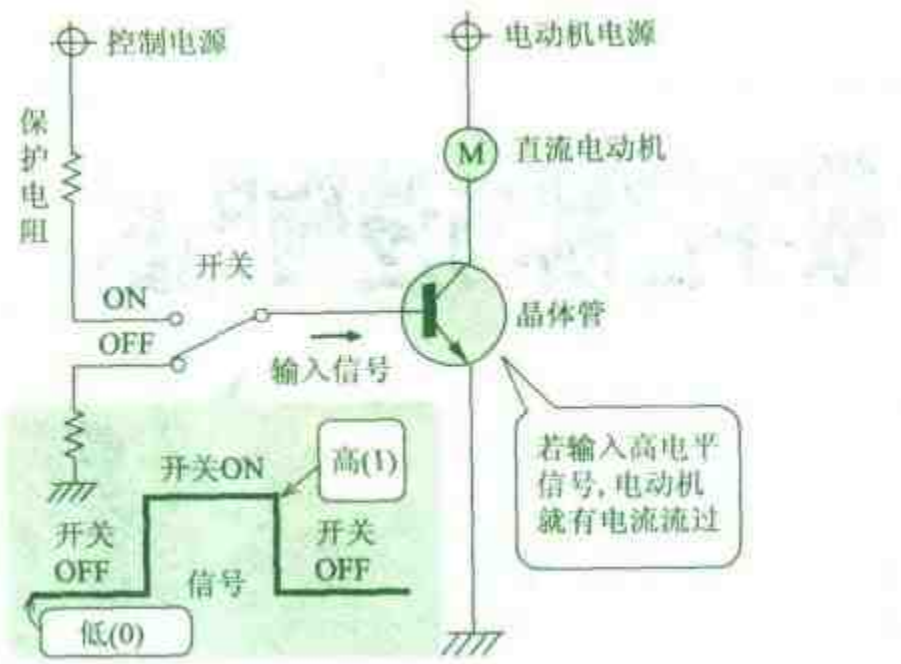
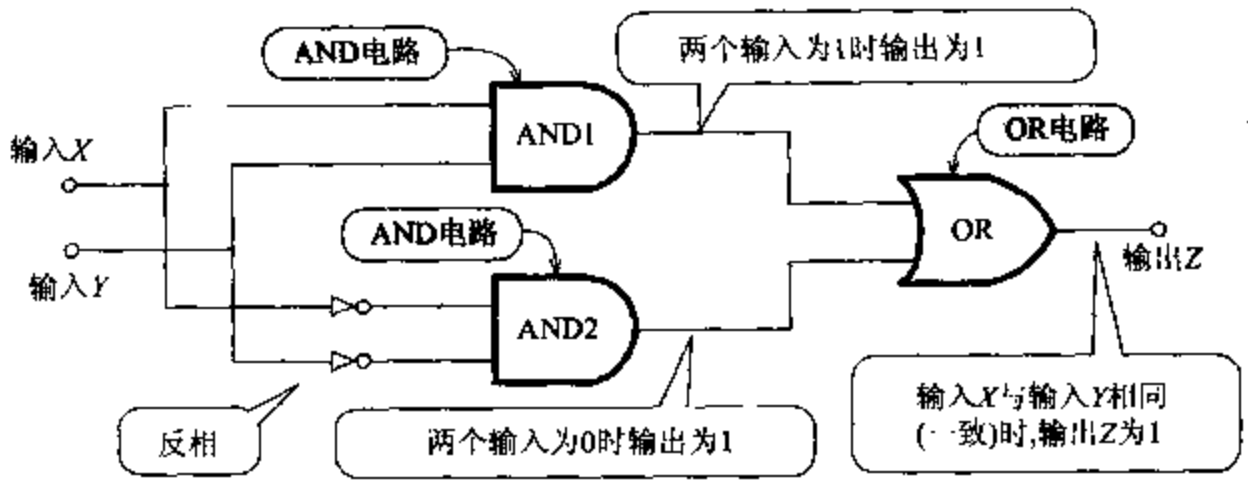


图 16　直流电动机的启动、停止控制

③ **计数**　脉冲计数、时间的测量等(触发电路、专用 IC 等)。

练习题

1. 验证下面的比较电路(一致电路)的真值表



一致电路的真值表

输入		输出
X	Y	Z
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	1

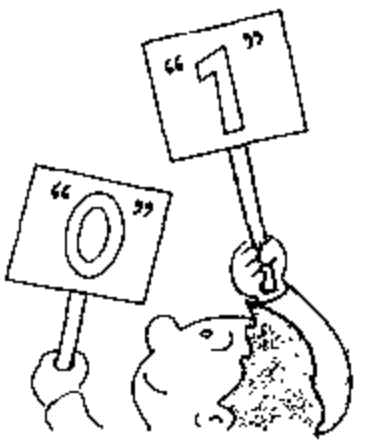
解答

AND 电路 1，是当两个输入均为 1 时，输出为 1；

AND 电路 2，因其输入反相，初始输入的 X 与 Y 双方均为 0 时，输出为 1；

最后，OR 电路只有当输入 X 与 Y 都是 1 或 0 时，输出才为 1。

7 数字控制与逻辑电路



1 对数字控制的进一步思考

复习一下有关数字控制的内容：

① 数字控制是指对电动机的启动、停止或对转速高速、中速、低速的分段断续控制(参见图 1)；

② 控制信号是表示高电平(1)和低电平(0)两种状态的数字信(图 2)号，输入、输出各部分的控制，都通过数字信号来实现；

③ 使用逻辑电路等对数字信号进行处理；

④ 因输入、输出都用数字信号，所以在必须使用模拟信号时，也要将它转换成数字信号来进行控制处理。

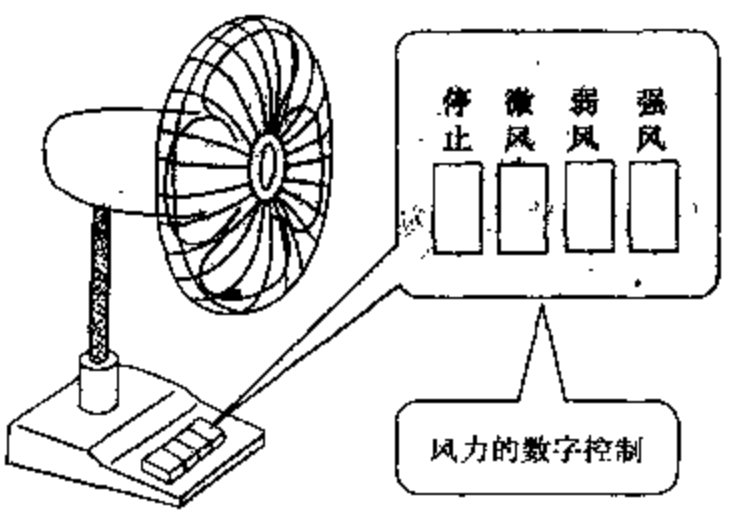


图 1　电风扇的数字控制

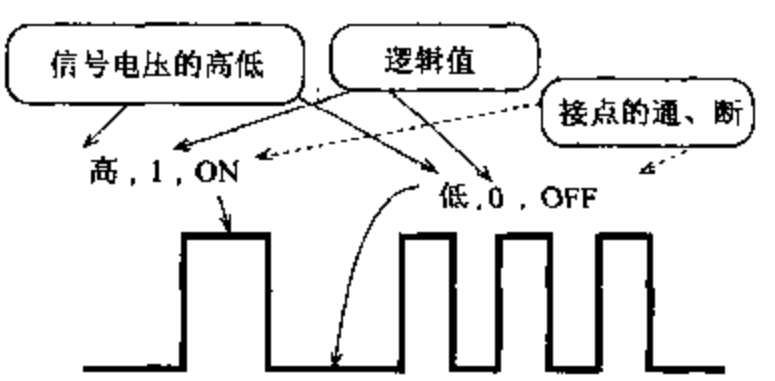


图 2　数字信号

关于数字信号，因已在前一节说过，大体上已经有所了解。关于逻辑电路，还叙述得不够充分，因此，先以逻辑电路为中心进行介绍。

Ⅱ 逻辑电路的定义

“逻辑”，听起来似乎难以理解，其实很简单。逻辑实际上只不过是用“1”与“0”两个数字来处理日常生活中的一些技术问题。

对“1”与“0”的运算，要用到逻辑表达式，利用逻辑表达式设计的电子电路，称为逻辑电路。

由于数字控制是按目标进行控制的，所以对应于以“1”、“0”为输入的信号，也要输出用逻辑电路处理过的“1”、“0”的输出信号。逻辑电路就是以实现输出信号为目的的，由逻辑元件组合而成的电路。

Ⅲ 逻辑元件

按逻辑电路所规定的输入信号（多个）来输出目的信号，利用三极管、二极管以及电阻等元件制成电路，并把这些电路集成化就称为数字集成电路（数字IC）。通常也将组成基本逻辑表达式的电子电路称为**逻辑元件**。

基本逻辑元件有与（AND）电路、或（OR）电路和非（NOT）电路。另外，还有与非（NAND）电路、或非（NOR）电路和触发电路等。

Ⅳ AND 电路

例如在图 3 所示的压力机安全装置中，操作员必须用双手将两个开关同时按住，压力机的上模才会压下来，这样，就避免了手伸进上下模之间而被夹伤。这个安全装置的控制电路就使用了 AND 电路（参见图 4）。

AND 电路只有在全部输入信号均为“1”时，输出信号才为“1”，其他情况下输出信号都为“0”（参见图 5）。

真值表是表示输入与输出关系的数据表。AND 电路的逻辑表达式为 $Z=X\cdot Y$（称为逻辑与）。运算结果如表 1 所示。

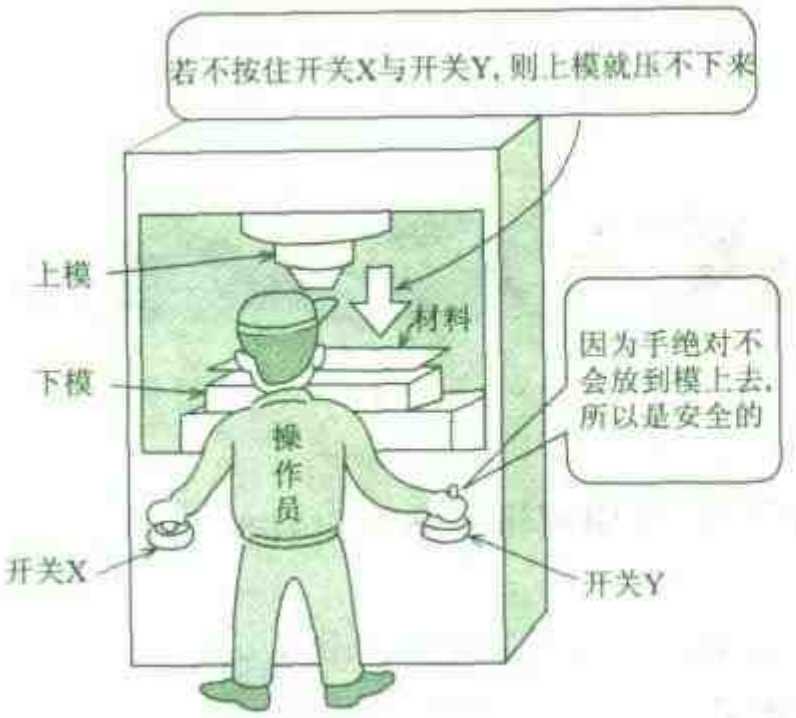


图 3 压力机的安全装置

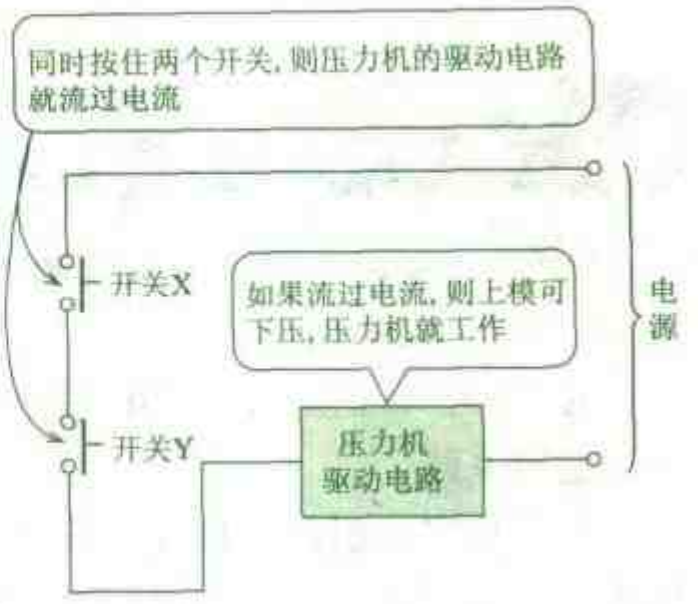


图 4 安全装置电路原理图

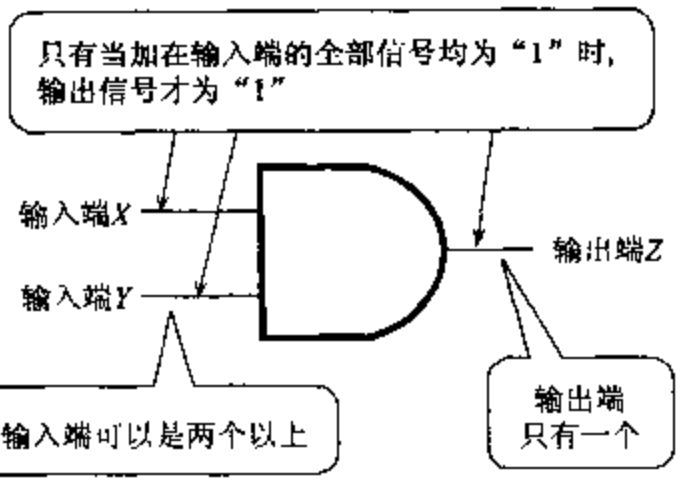


图 5 AND 电路的逻辑元件符号

表 1 AND 电路的真值表(双输入)

输入信号		输出信号
X	Y	Z
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

输入信号值　输出信号值

只有当全部输入信号均为1时，输出信号才为1

V OR 电路

想要下车的乘客按一下公共汽车车门的控制按钮，驾驶员位置上的灯就会亮，车门会被打开。这使用的是 OR 控制电路(参见图 6)。

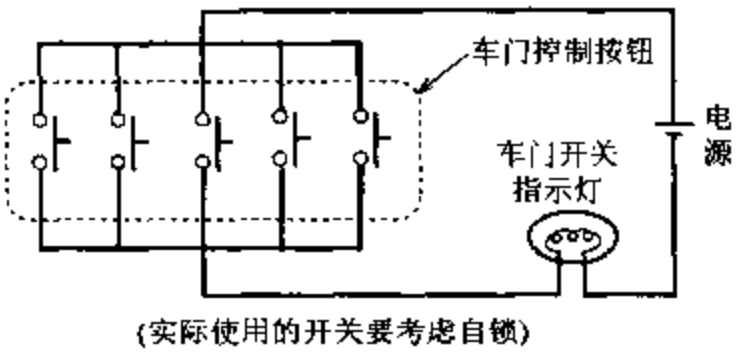


图 6 车门控制系统的原理图

OR 电路中若任意一个输入信号为“1”，则输出信号就为“1”，只有所有输入信号均为“0”时，输出信号才为“0”(参见图 7)。

OR 电路的逻辑表达式为 $Z=X+Y$(逻辑或),其运算结果如表 2 所示。

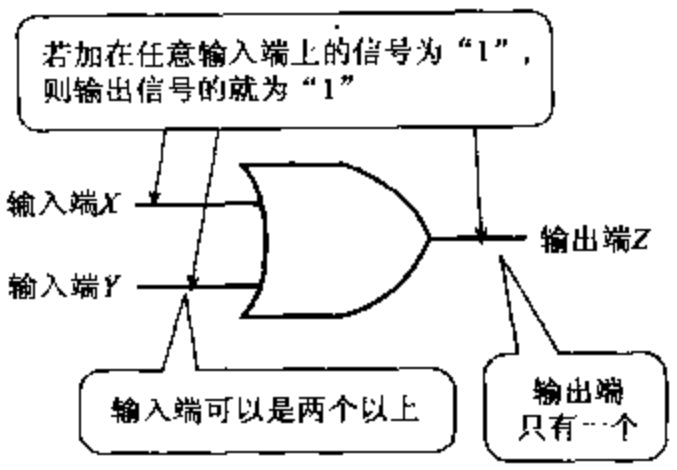


图 7 OR 电路的逻辑元件符号

表 2 OR 电路的真值表(双输入)

输入信号		输出信号	
X	Y	Z	
0	0	0	
0	1	1	任意输入信号为1时，输出信号就为1。
1	0	1	
1	1	1	

Ⅵ NOT 电路

NOT 电路是将输入为“1”的输入信号反转为“0”;把“0”输入信号反转为“1”的电路,称为反相器(参见图 8)。

使用 NOT 逻辑元件组成的逻辑电路用于使信号反转的时候。NOT 电路的逻辑表达式为 $Z=\overline{X}$(逻辑非),其运算结果如表 3 所示。

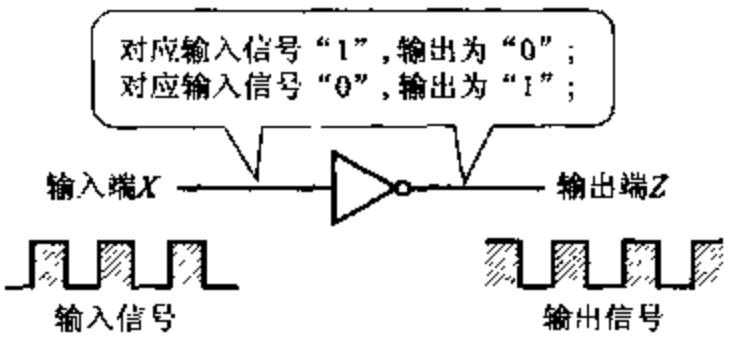


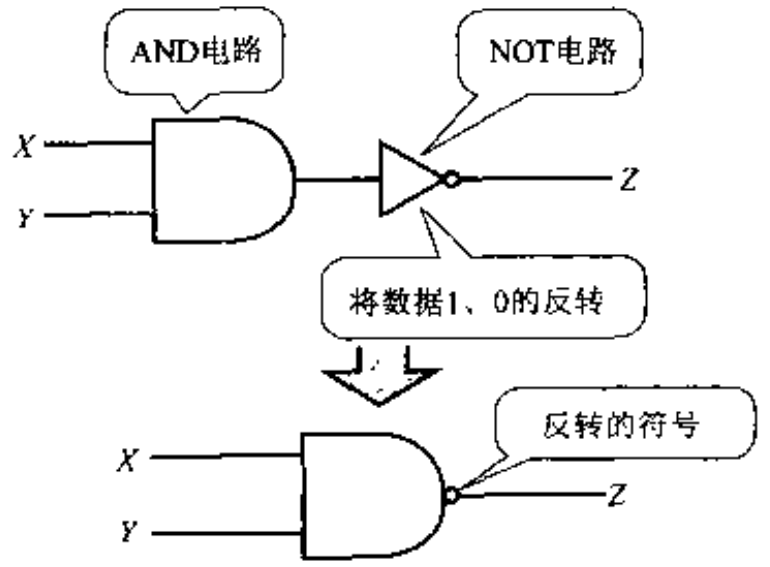
图 8 NOT 电路的逻辑元件符号

表 3 NOT 电路的真值表

输入信号	输出信号	
X	$Z=\overline{X}$	
1	0	$\overline{X}$是将X反转(反相)的意思。
0	1	

Ⅶ NAND 电路

NAND 电路是将 AND 电路的输出反转的电路(参见图 9)。NAND 的逻辑表达式为 $Z=\overline{Z \cdot Y}$(参见表 4)。



NAND电路的逻辑元件符号

图 9　NAND 电路

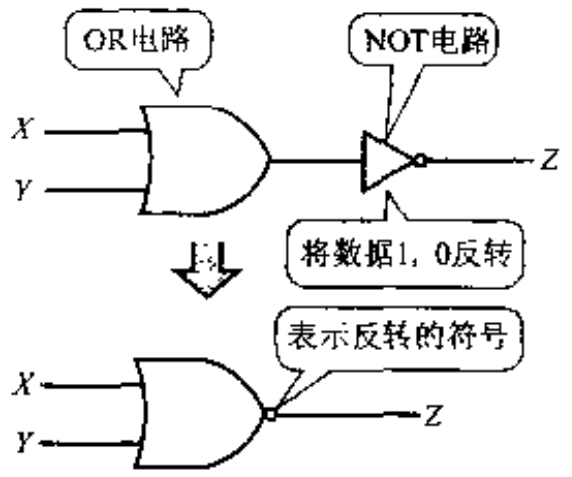
表 4　NAND 电路的真值表(双输入)

输入信号		输出信号
X	Y	Z
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

与AND电路的输出比较可知，已将输出信号反转

Ⅷ　NOR 电路

NOR 电路是将 OR 电路的输出反转的电路(参见图 10)。NOR 电路的逻辑表达式 $Z=\overline{Z+Y}$(参见表 5)：



NOR电路的逻辑元件符号

图 10　NOR 电路

表 5　NOR 电路的真值表(双输入)

输入信号		输出信号
X	Y	Z
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

与OR电路的输出比较可知，已将输出信号反转

Ⅸ　制作一个简单的数字电路

如图 11 所示，有两个开关 A、B 与两盏灯 L_1、L_2，设计一个按表 6 动作的电路。

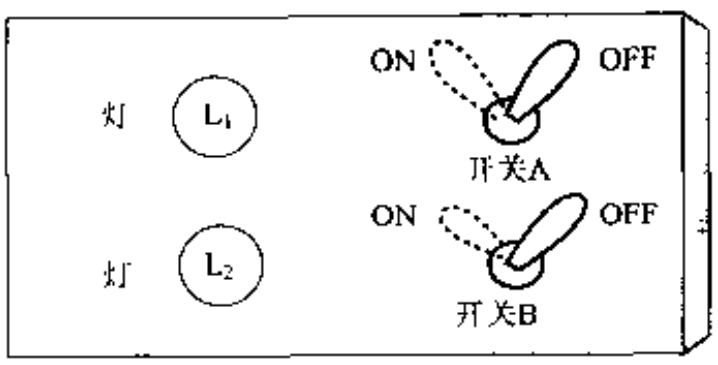


图 11 开关与灯

表 6 真值表

输入信号		输出信号	
A	*B*	L_1	L_2
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	0	1
1	1	0	0

1 ⟺ ON

0 ⟺ OFF

首先考虑在虚线范围内的动作

① 当开关 A 闭合(ON,1)时,若开关 B 断开(OFF.0),灯 L_1 亮;若开关 B 闭合时,灯 L_1 熄灭。

② 当开关 A 断开时,无论开关 B 闭合或是断开,灯 L_1 均熄灭。

将①②组成电路,则如图 12 所示。

满足灯泡 L_2 的条件,只要将图 12 中的开关 A、B 调换连接即可。因此,按表 6 要求所组成的电路就如图 13 所示。

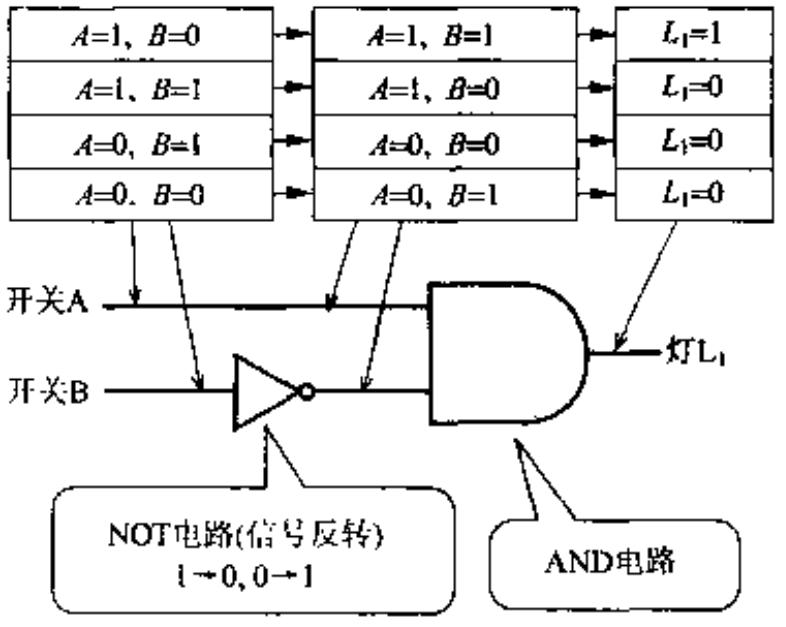


图 12 只有 L_1 时

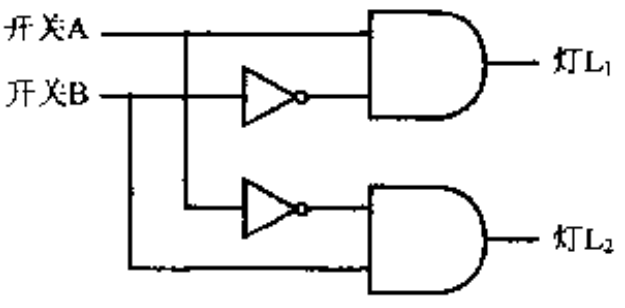


图 13 L_1、L_2 亮灯电路

练习题

1. 多个输入信号全部为 ON 时,输出才为 ON 的电路是什么电路?

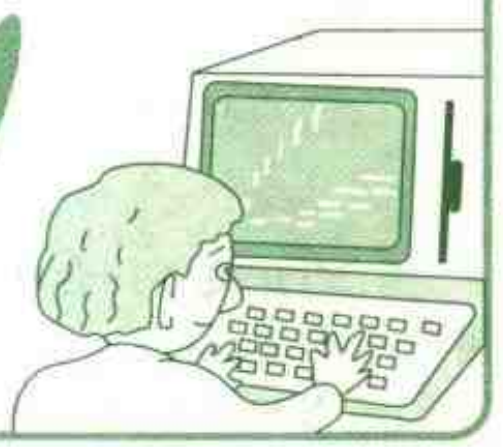
2. 多个输入信号全部为 OFF 时,输出才为 ON 的电路是什么电路?

解答

1. AND 电路。

2. NOR 电路。

8 微机与微机控制



Ⅰ 微机控制的定义

以开关或传感器等的信号为依据，进行输入、输出操作信号的判断就是控制。我们已经学过了使用模拟电路和数字电路等电子电路的控制电路。现在介绍使用计算机(微机)来取代控制电路，按照程序进行的控制(参见图 1)。

Ⅱ 微机的定义

微机是将诸多功能(控制、运算、存储、输入、输出)集成后所构成的小型化的计算机。微机的内部，由各种功能单元构成(参见图 2)。

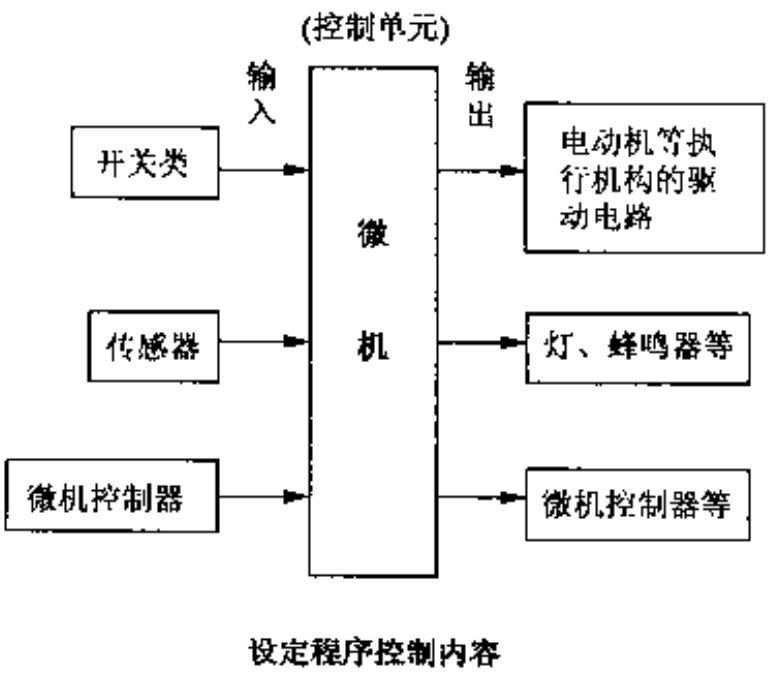


图 1　微机控制

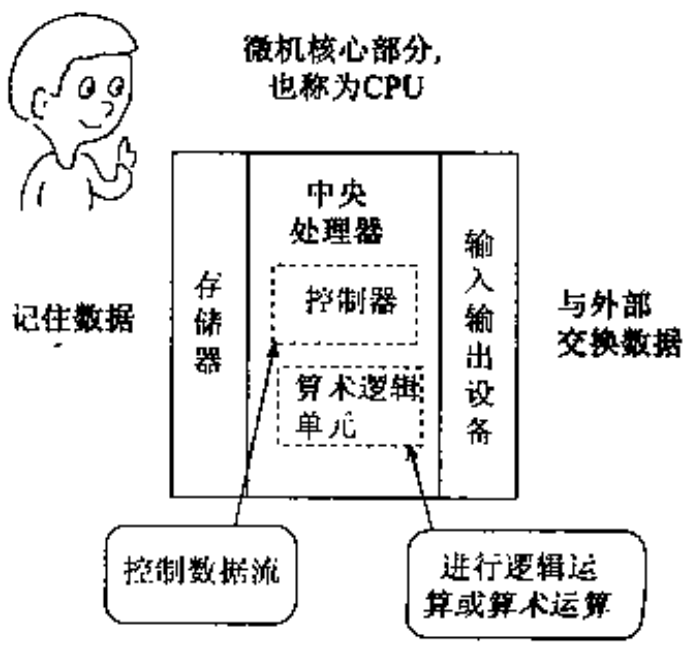


图 2　微机的结构

中央处理器 由控制器和算术逻辑单元构成，微机的大部分工作均在此完成。

控制器 根据程序(命令)，对数据流与各单元的功能进行控制。

算术逻辑单元 进行逻辑运算或算术运算。

存储器 存储数据或程序。

输入输出设备 与微机外部进行数据交换。

集成化

集成化是将三极管、二极管与电阻等元件微型化，集成在半导体基片上，在微小的面积上制成的电子电路，有以下几种：IC(Integrated Circuit)集成电路、LSI (Large Scale Integration) 大规模集成电路，以及 VLSI(Very LSI) 超大规模集成电路。

Ⅲ 中央处理器的构成

中央处理器也称为**CPU**，其集成化的部分称为**微处理器**。由**控制器**与**算术逻辑单元**构成，微机的大部分工作在此完成(参见图 3)。

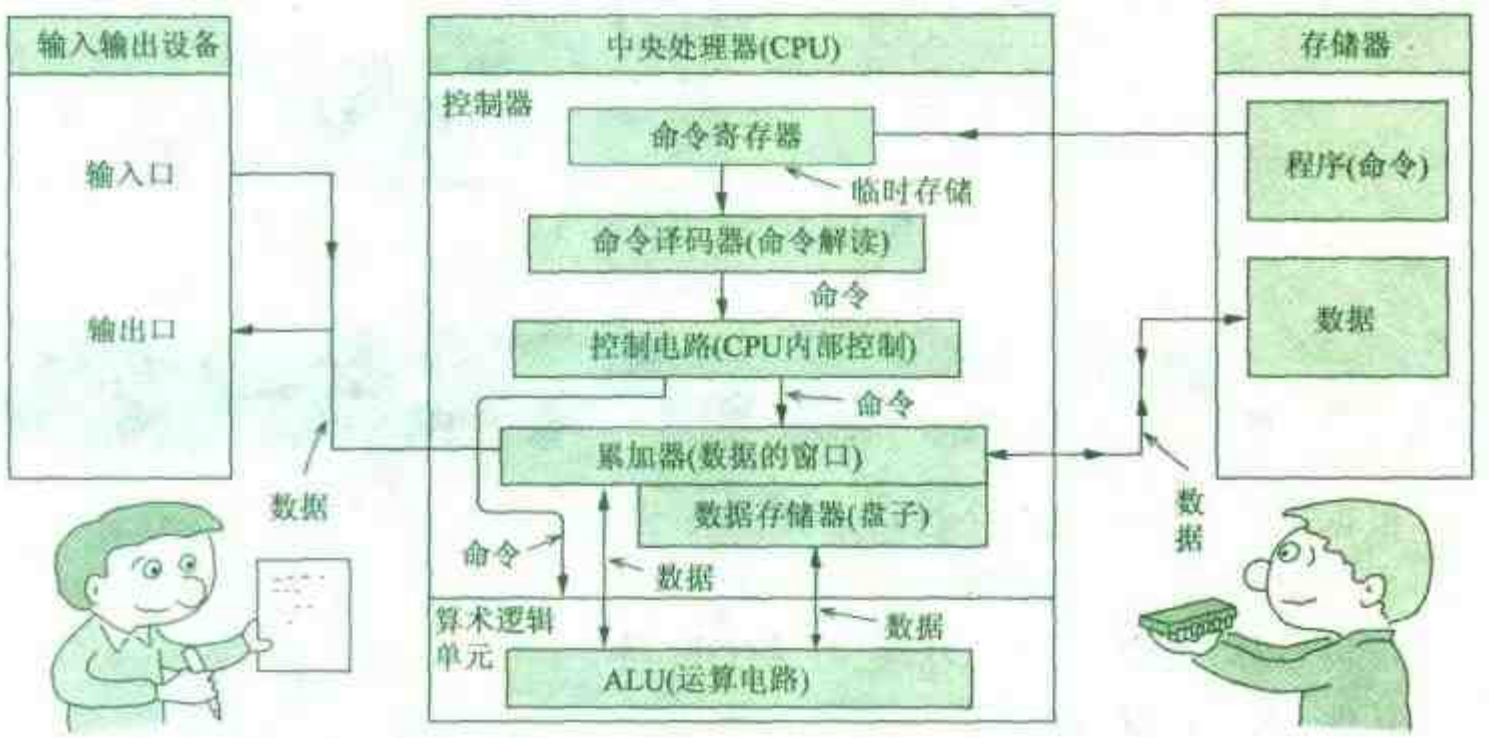


图 3 中央处理器的构成

Ⅳ 控制器的作用

控制器有下列的基本作用：

① 从存储器取出命令(程序)；

② 解读命令并发出执行指令，向算术逻辑单元发出加、减运算等指令；

③ 把数据存放到存储器，发出读入数据的指令；

④ 发出将数据输入、输出的指令。

数据的流向如图4所示：

① 输入输出设备与存储器的数据交换，通过累加器(A寄存器)进行(数据的窗口)；

② 将数据输入各寄存器(A、B、C、D、E、H、L)中，进行寄存器之间的运算等。

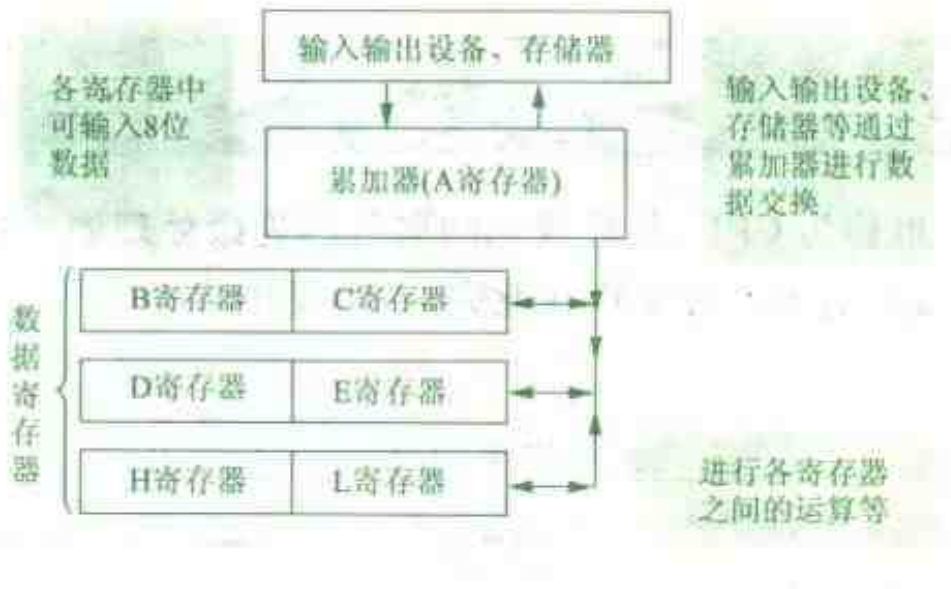


图4 数据的基本流向

Ⅴ 算术逻辑单元的作用

根据来自控制器的命令进行运算。

算术运算：加法、减法等。

逻辑运算：逻辑与(AND)、逻辑或(OR)等。

其他：大小比较、移位等。

Ⅵ 信号及其编码

中央处理器中的数据等信号不是只用一个信号，而是同时使用四个以上信号(参见图5)。一个信号只能表示"1"与"0"两种状态，若使用4个信号来编码，就可以表示16(=2^4)种数值(参见表1)。

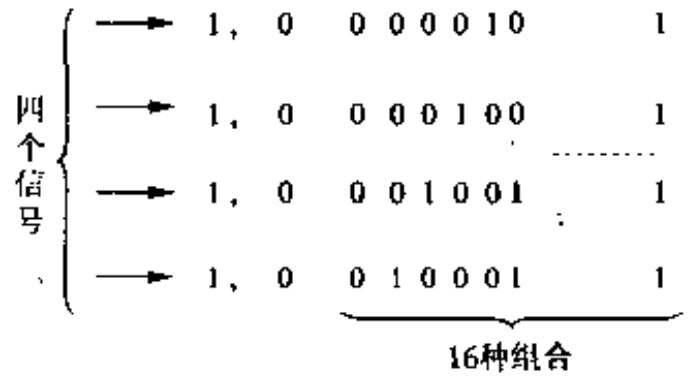


图5 4个信号的组合

表1 四位信号的编码

第3位	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
第2位	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
第1位	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
第0位	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
十六进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

注：十六进制中的字母用来表示一个数值

对计算机来说，可以把一根信号线作为1位，四根信号线就是4位。一般以4位作为一个单位，可用于十六进制数的编码。同时处理8位，则可得到两个十六进制数。

Ⅶ 存储器的构造

存储器又称为内存单元，可分为随机存储器(RAM)与只读存储器(ROM)两种类型。

RAM(random access memory)是可以写入与读出程序和数据的随机存储

器，一般若切断计算机的电源，则其存储的内容就会全部消失。

ROM(read only memory)是只读存储器，用于事先存放计算机自身控制的程序(监控程序、操作系统等)或子程序等。即使切断计算机的电源，存储内容也不会丢失。

Ⅷ　存储的单元与地址

地址　存储器能同时处理的以位为单位(8 位、16 位等)的存储地址。把存储单元加上地址码，就易于知道存储的地点。地址码也称为地址，可用 16 位二进制数(4 位十六进制数)表示整个存储器的连续地址(参见图 6)。

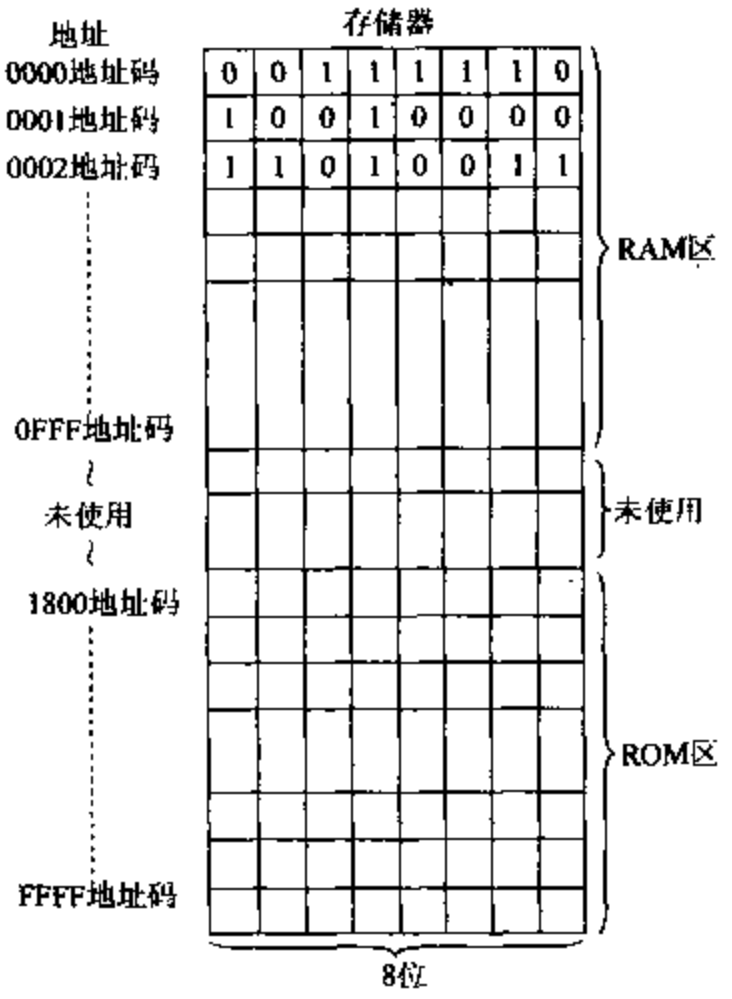


图 6　8 位存储器与地址的例子

位与计算机

8 位计算机或 16 位计算机，是指能同时处理 8 位或 16 位信号的计算机。

普通 8 位机，中央处理器为 8 位，存储器、输入输出设备等都能够同时处理 8 位信号。16 位机的中央处理器等都是 16 位(信号均为数字信号)。

Ⅸ 输入输出设备的结构

输入输出设备是与外部进行信号交换的地方。如果把信号输入端或信号输出端称为端口，那么其中一个是能同时处理位数所引出的端子。端口的数量以个为单位，根据输入输出所用 IC 种类的不同可实现 1～4 个端口的各种组合。

现在，对 8255 芯片(三个口)的输入输出接口专用 IC 的用法进行说明。

如图 7 所示，在方式 0 的状态下，任意一个端口都不能既作数据输入端口，又作数据输出端口。规定某个端口是输入端口，则该端口决不能再作为输出端口用。

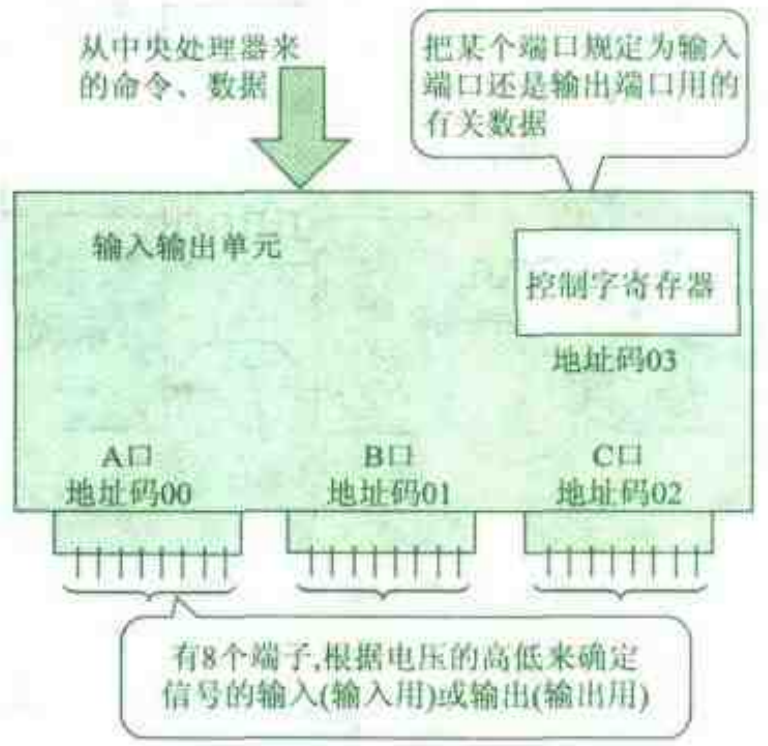


图 7　8 位信号所用的输入输出设备例子

通过程序来分配输入输出，在输入输出设备有一个控制字寄存器(CW 寄存器)，控制存储端口的分配情况。

三个端口上都带有地址码，并且加上了端口的名称。

例如：A 口　　地址码 00

　　B 口　　地址码 01

　　C 口　　地址码 02

同时，控制字寄存器也加上了与其他端口地址连续编号的地址码(地址码 03)。

X　微机与控制的组合

因微机处理的信号都是数字信号，所以不能接受或输出所需的模拟信号；内部的处理也都用数字信号来进行，所以也不能用模拟信号控制。因此，应当用接口等装置将模拟信号转换为数字信号来处理。而要用到模拟信号时，则同样要将数字信号转换为模拟信号来进行工作。

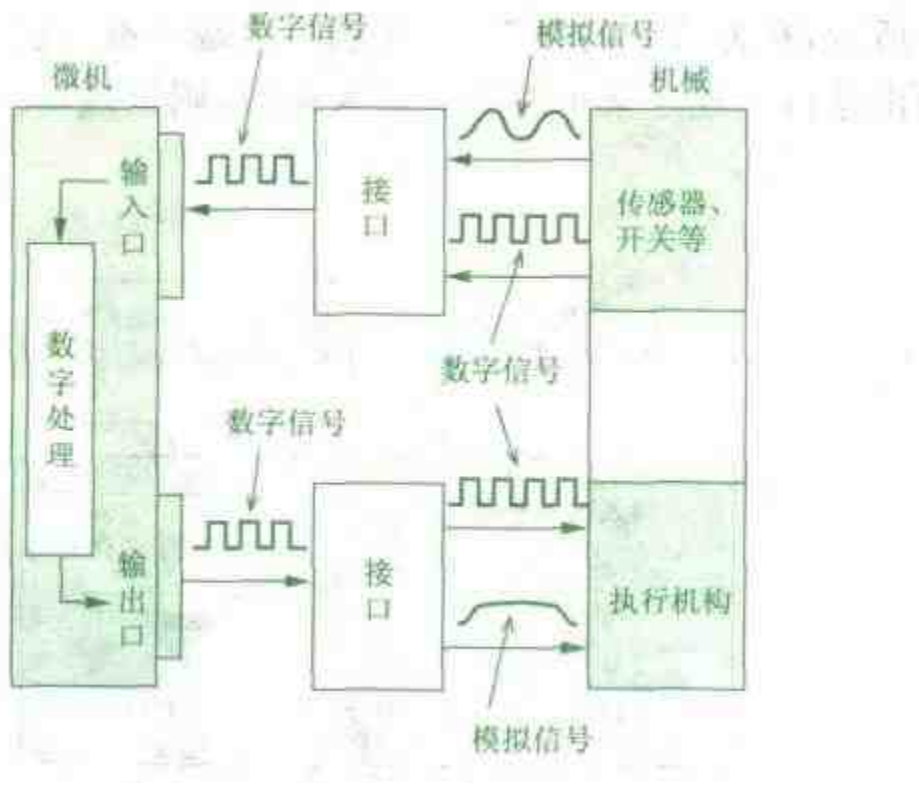


图 8　微机与机械的控制

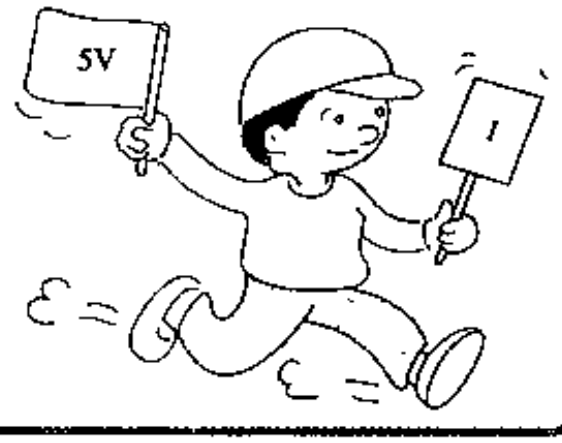
练习题

1. 微机有哪些主要的构成部分？
2. 微机处理的信号是数字信号还是模拟信号？
3. 存储器是什么？

解答

1. 有中央处理器（控制器、算术逻辑单元）、输入输出设备、存储器。
2. 数字信号。
3. 存储程序或数据用的存储单元。

9 微机与信号流



I 微机的信号

微机使用数字信号，一个数字信号只能有“0”与“1”两种状态。

若同时使用四个数字信号，则这些“1”与“0”状态可以组合出十六种数字信号。

一个数字信号称为 1 位，四个数字信号则称为 4 位，这是微机用于处理数据的最小单位。8 位微机能同时处理八种信号来完成工作。

II 数字信号与十六进制数的关系

实际在微机内流动的信号是由 8 根导线(参见图 1)，以 5V 与 0V 的电压信号作为电气信号来流动的(8 位微机)。

数字信号以 5V 作为“1”、0V 作为“0”来表示(参见图 2)。然而，在编写程序时，只用“1”与“0”非常不便，所以在使用四个数字信号时，用 0～9 与 A～F 这 16 种符号，可以用来表示十六进制数的数据(参见表 1)。

从表 1 可以看出，用“2 的位次幂”，就可将数字信号换算为十六进制数：

第 3 位为“1”时　$2^3=8$

第 2 位为“1”时　$2^2=4$

第 1 位为“1”时　$2^1=2$

第 0 位为“1”时　$2^0=1$

当四位中有多个位为“1”时，其数值为所有为“1”的位之十六进制数的总和。

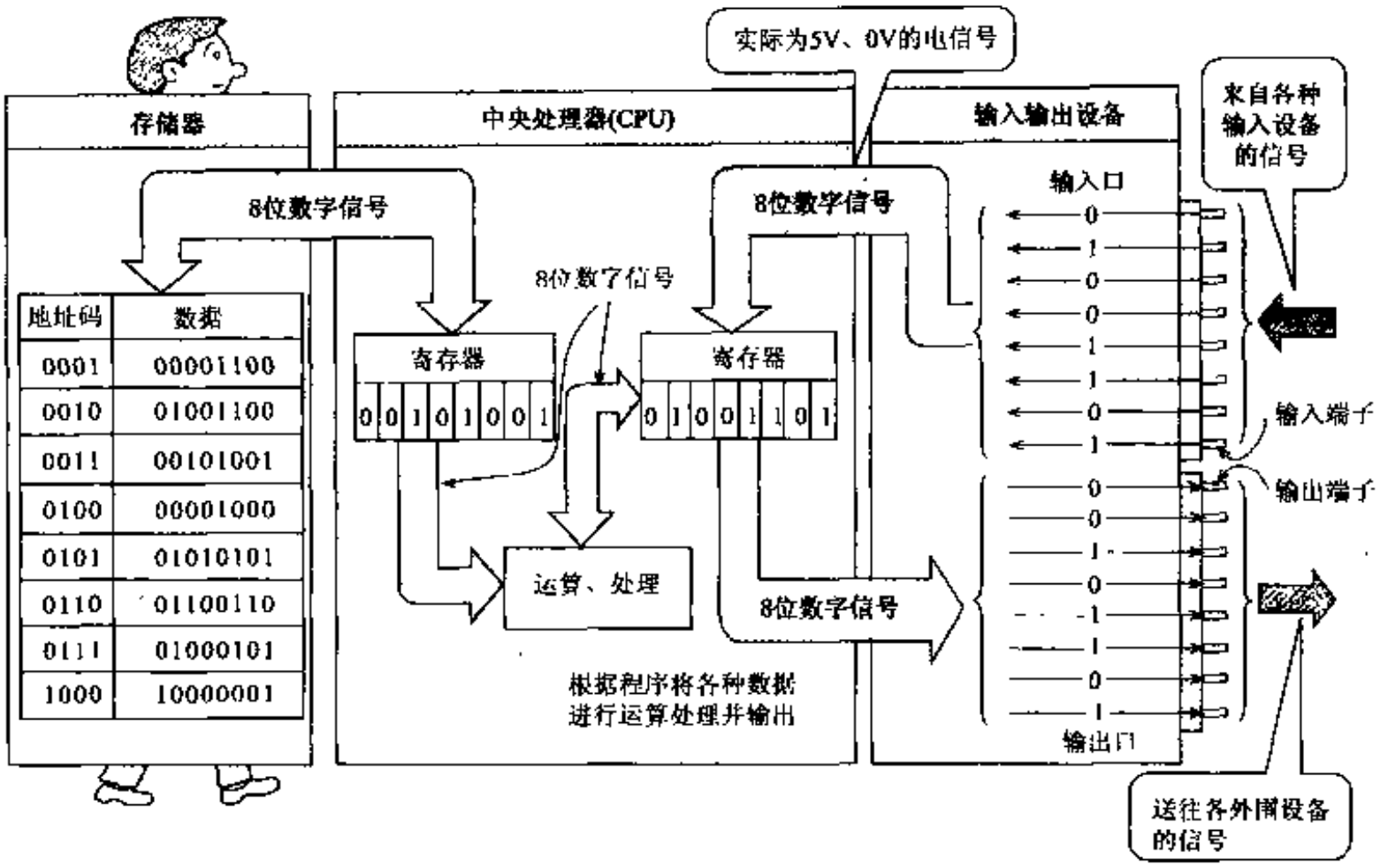


图 1　信号的流向(以 8 位微机为例)

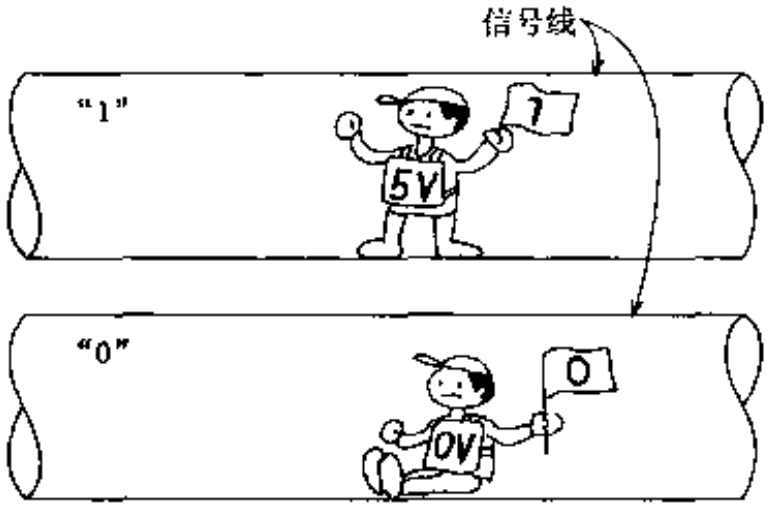


图 2　信号线内的电气信号流

表 1　二进制数与十六进制数(只有 1 位的十六进制数)

第 3 位	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
第 2 位	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	4
第 1 位	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	2
第 0 位	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
十六进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	

注：位号就是附加在信号线上的编号

位	3	2	1	0	十六进制数
数字信号	1	0	0	1	9H

第 3 位为"1" $2^3=8$

+) 第 0 位为"1" $2^0=1$

$(9)_{16}$

注：为了与十进制数相区别，十六进制数附加($)_{16}$

Ⅲ 微机的输入信号

用 8 位微机进行机械控制时，在输入口的端子上，连接着传感器等输入设备(参见图 3)。

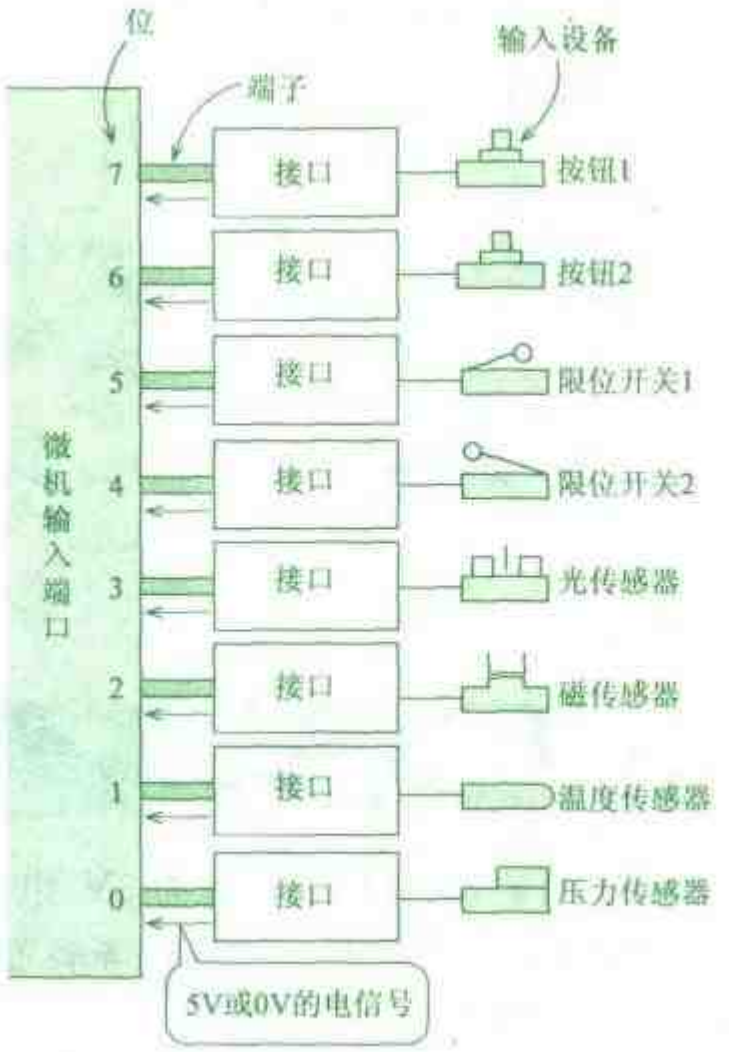


图 3 输入口和输入设备的连接

输入口判断数字信号以 5V 电信号作为"1"、0V 电信号作为"0"，所以要将易于判断的电信号直接通过接口输入微机。

图 3 中的输入设备若按下述规定来动作，则应输入图 4 所示的输入信号。

① 按第 7 位端子上的按钮 1；

② 压住第 5 位端子上的限位开关 1；

③ 使第 0 位端子上的压力(传感器)开关动作。

用二进制来表示为$(10100001)_2$，若写成十六进制数即为$(A1)_{16}$。

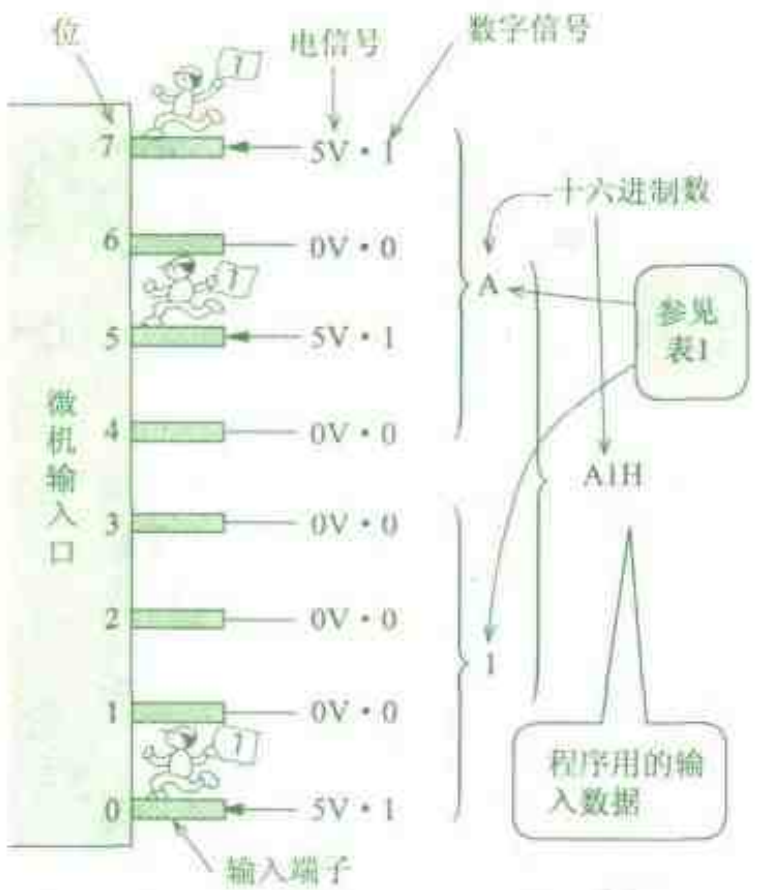


图 4　输入信号与十六进制数

Ⅳ　微机的输出信号

从微机输出的信号属于微弱信号(例如电压为 5V，电流为数毫安以下)，不能直接驱动执行机构等外围设备，需要通过“接口”等装置，将微机的输出信号转换成能使外围设备工作的电信号。

图 5 表示接在输出口上的外围设备，是由微机的输出信号来控制的。输出数据的流向如下：

① 由中央处理器将输出数据送到指定的输出口；

② 当输出口的输出数据为“1”时，就从输出端子输出 5V 的电信号；

③ 接收到 5V 电信号的输出接口，使各自的外围设备工作。

以上是用于 8 位微机的情况，当使用 16 位微机时，每一个口上有十六个端

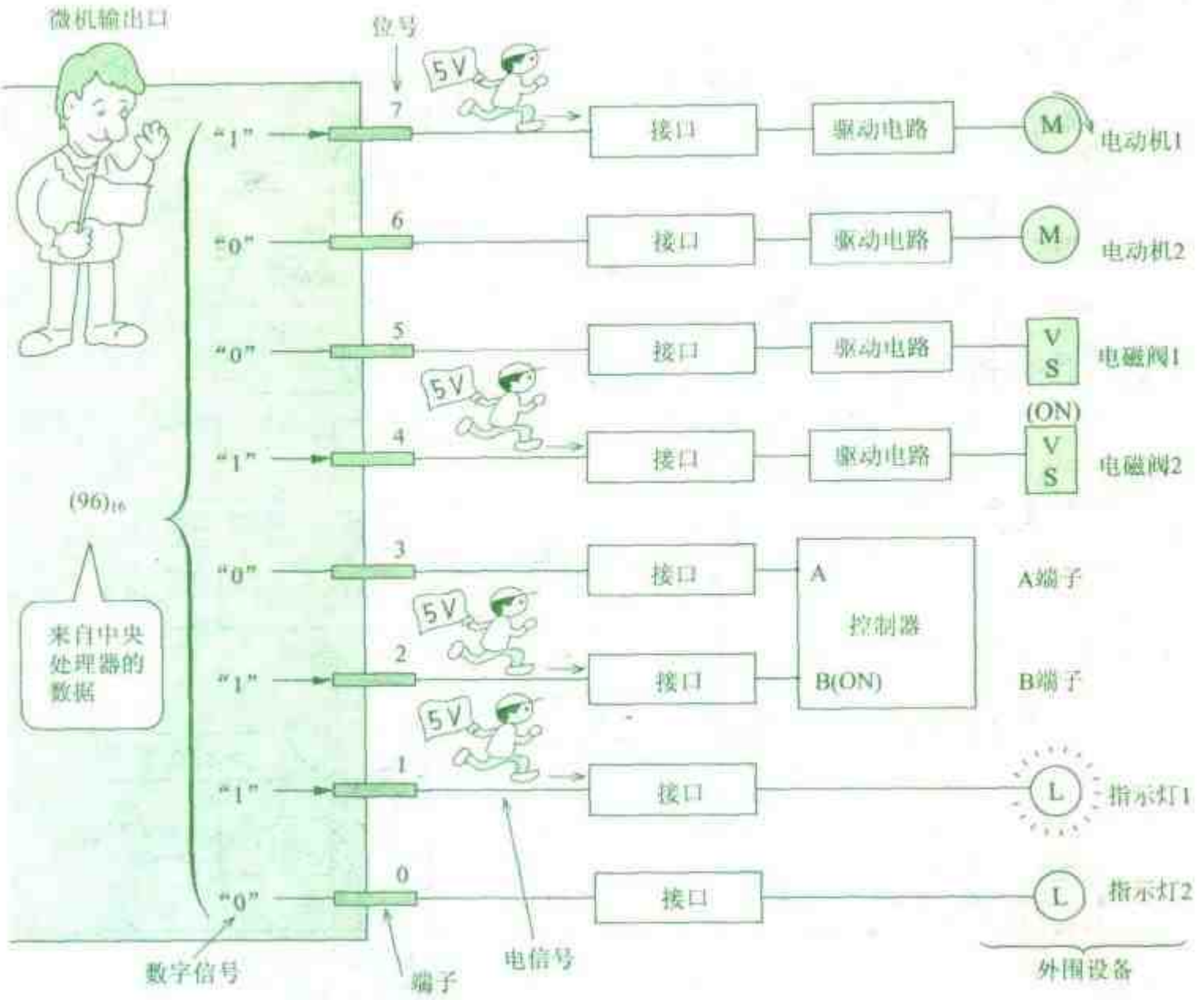


图 5　输出口与外围设备连接的例子

子来连接外围设备，即可同时控制十六台外围设备。此时的输出就成为 4 位十六进制数，同样，输入也应是 4 位十六进制数。

V　输入信号与输出信号的流动

尽管在微机内部流动的是电信号(5V、0V)，但从编制程序的角度来看，则可以认为流动的是十六进制的数据(参见图 6)。

虽然最后程序是以十六进制的电信号输入微机的，但若只用十六进制数来编制程序就太麻烦，所以都用一种称为“汇编”的语言来编制程序。

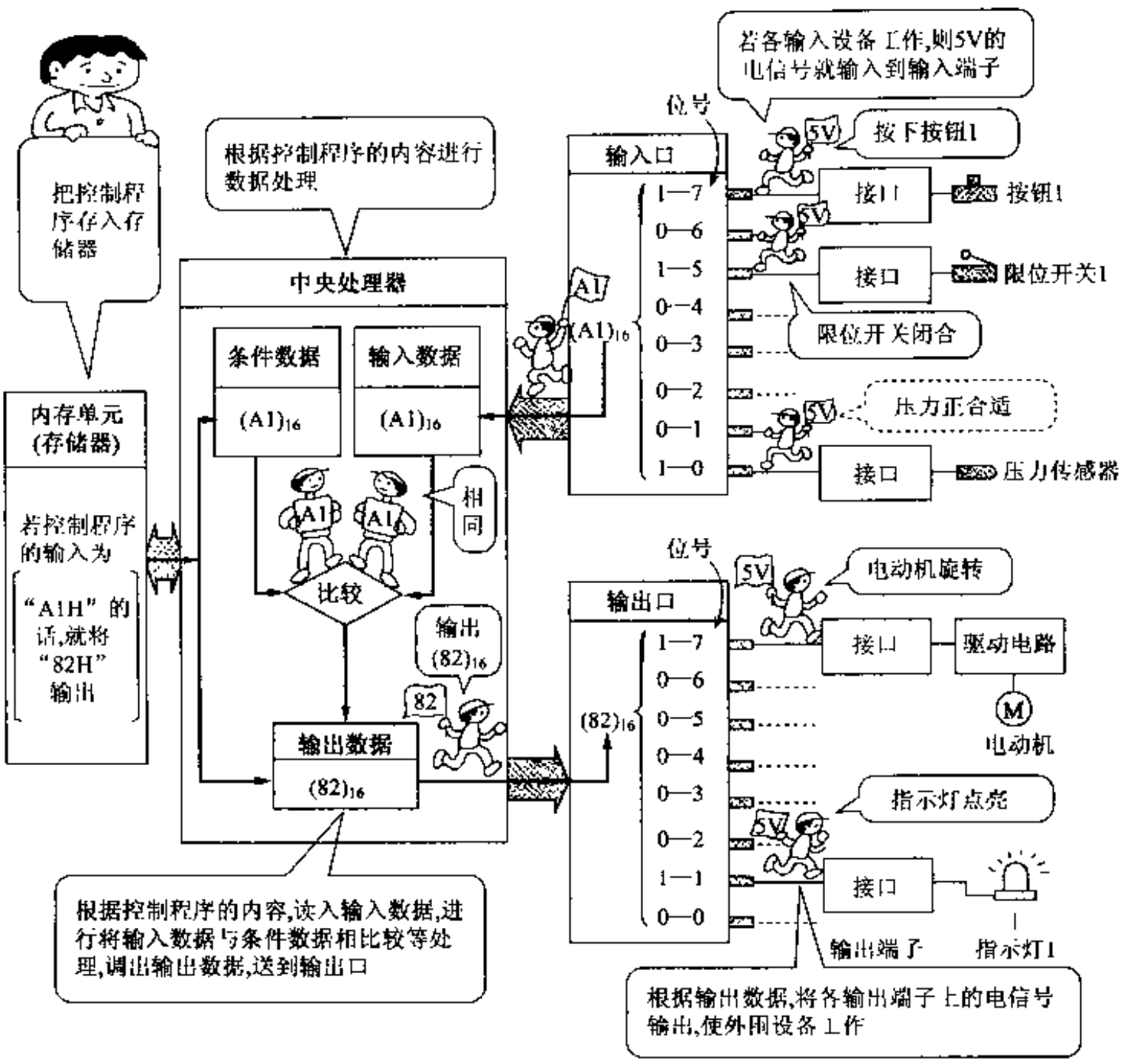


图 6　从程序角度来看微机信号的数据流

练习题

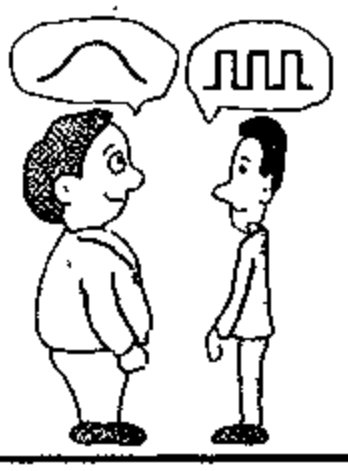
1. 将下表中的 4 位二进制数改写为十六进制数。

位	4 位二进制数					
3	1	0	0	1	1	1
2	0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	1
十六进制数						

解答

从左向右依次为 9，5，6，B，E，F。

10 接口的作用



1 接口这个名词的意义

接口(interface)是英语单词 inter 与 face 的复合词，有“中间面”、“界面”与“结合面”的意思(参见图 1)。

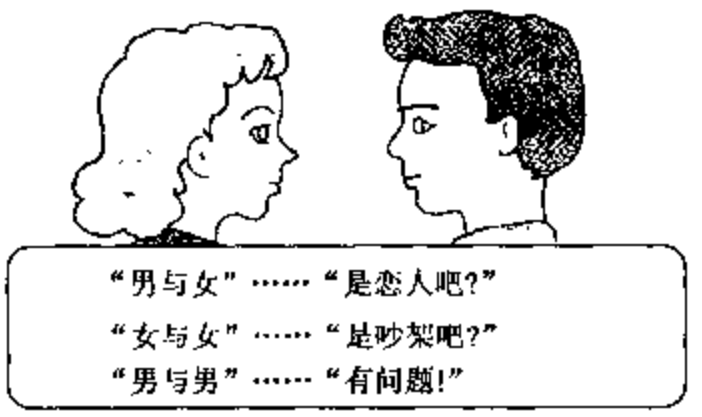


图 1 人与人的接口

欧姆社出版的《微机手册》对接口下的定义是“接口是为了能使多个装置之间有机地结合，满足装置之间所需要的电气上、机械上与理论上的边界条件的设备”(参见图 2)。

由上述使我们对接口有了初步了解，下面研究接口的实际内容。

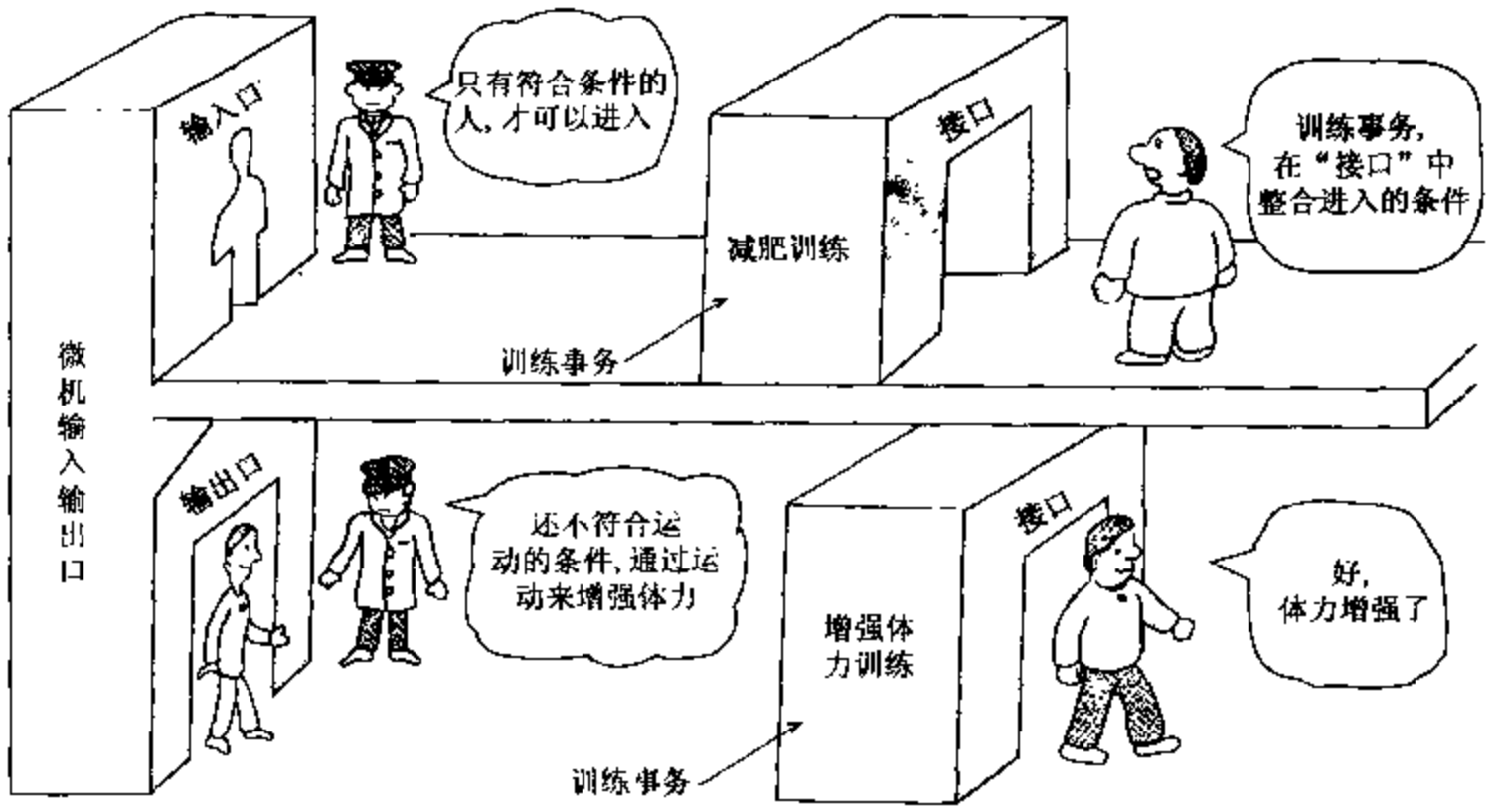


图 2　接口的作用

Ⅱ　微机与接口

接口与微机的关系是非常密切的。从微机输出的数字信号电压是 5V，电流很微弱，要直接用它来使执行机构等外围设备工作是不可能的；同时，微机只能接受电压为 5V、电流很微弱的数字信号作为输入信号。接口的任务就是把微机的输出信号转换为能使外围设备工作的电信号；把来自传感器等输入设备的信号，转换为微机能接受的输入信号，起到桥梁的作用。

Ⅲ　微机的输入输出条件

先探讨一下微机将数据输入输出时，应当具备哪些条件。

微机将数据输入输出的地方是输入输出接口，输入输出接口均已制成大规模集成电路(LSI)，尽管品种很多，但最常用是“8255”并行接口片，我们就以此为例进行探讨。

作为主要条件的是图 3 所示的数字信号。但是数字信号“1”未必是电源电压。

输入信号与输出信号的许用值是不同的，需要分别予以讨论。作为 8255 芯片的电源电压，其推荐值为 5V。

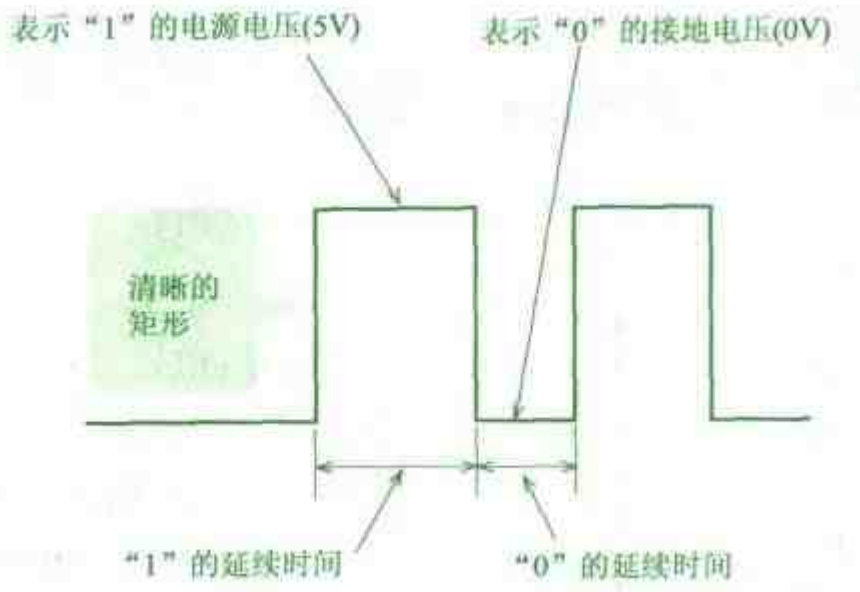


图 3 数字信号

Ⅳ 输入信号的条件

“1”信号：电压 2.0～5.0V
　　电流 ±10μA
“0”信号：电压 0.5～0.8V
　　电流 ±10μA
}(图 4)

(μA：微安，10^{-6}A)

必须注意，尽管对“1”信号时的电压许用值范围有一定的限制，但对“0”信号时的电压许用值范围则没有太大的限制，对于电流则几乎不用考虑，只要加上电压就行了(参见图 4)。

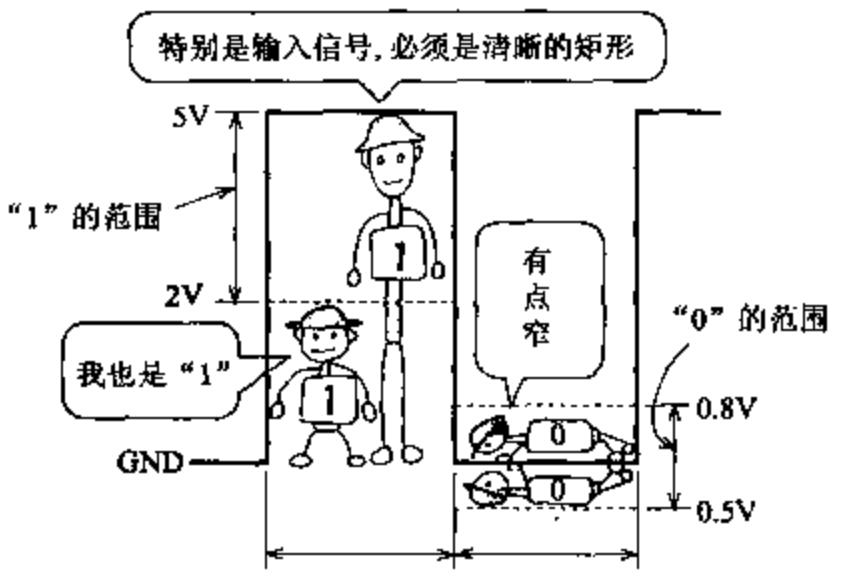


图 4 输入信号的条件

Ⅴ　输出信号的条件

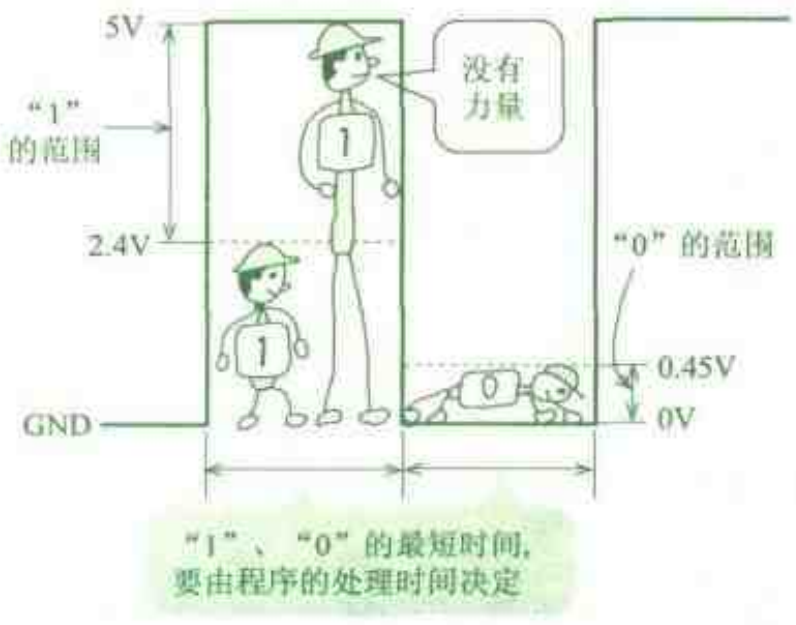


图 5　输出信号的条件

"1"信号：电压　2.4～5.0V
　　电流　－200μA
"0"信号：电压　0～0.45V
　　电流　1.7mA
（图 5）

（电流以流向 LSI 为正向）

输出信号的电压与电流都很小，不能直接驱动外围设备。应当注意，与"1"信号时的电流相比，"0"信号时的电流要大一些（参见图 5）。

Ⅵ　输入信号用接口的工作

为了满足来自外部输入信号的要求，根据输入信号的不同，输入接口主要工作如图 6 所示。

Ⅶ　模/数转换

来自传感器的信号大多是模拟信号，必须将它转换为数字信号，即模/数转换，又称为 A/D 转换。

Ⅷ　波形的整形

由于受到外部噪声等的影响，不能得到标准波形的数字信号，所以必须将输入信号加工为标准数字信号，这一工作称为波形的整形。

此外，波形整形还包括将信号的电压调整为"1"、"0"的许用范围之内的工作、滤除噪声的工作等，以满足微机的输入条件。

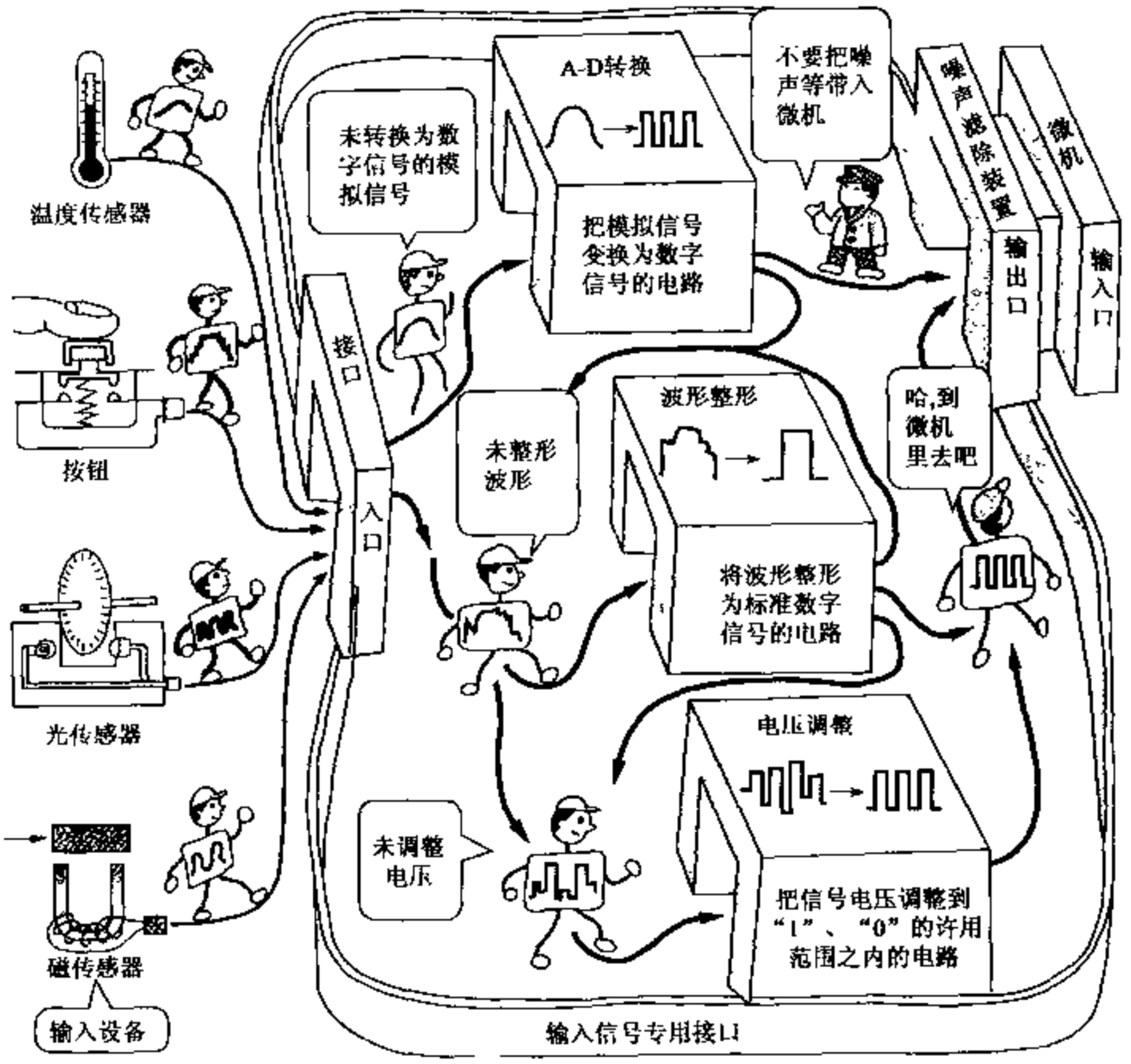


图 6 输入信号用接口的主要工作

Ⅸ 输出信号用接口的工作

如前所述,微机的输出信号是非常微弱的电信号,要用这些输出信号来驱动电动机或电磁阀必须将这些信号转变为外围设备所需强度与波形的电量。将输出信号转换为符合外围设备需要的电信号的控制器,就是输出信号用的接口。

输出信号用接口的主要工作(参见图 7)有:

① 将数字信号转换为模拟信号;

② 产生驱动外围设备所需的电量;

③ 防止输向微机的噪声等逆流;

④ 其他。

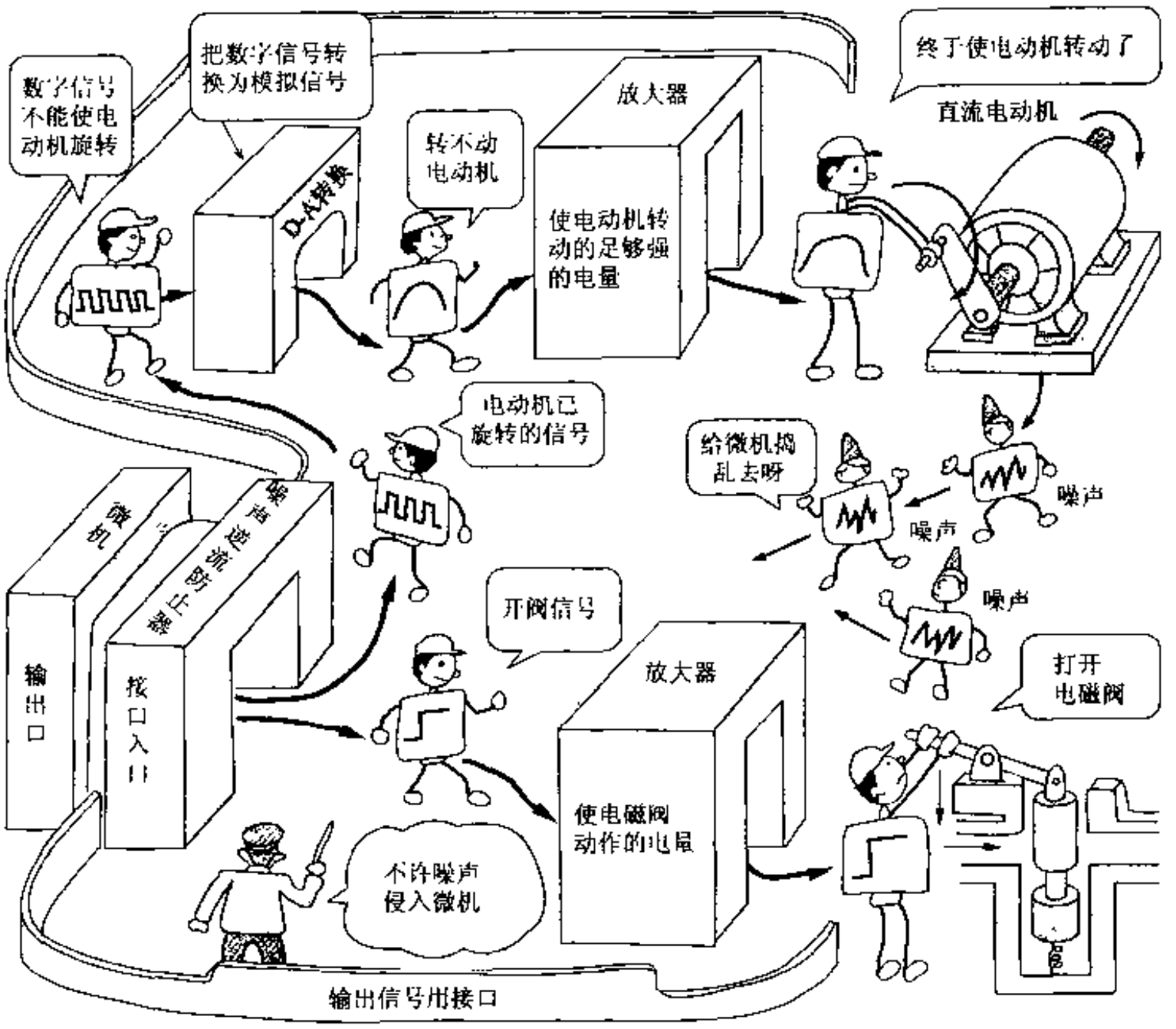


图 7 输出信号用接口的主要工作

练习题

1. 来自微机的输出信号能驱动外围设备吗?
2. 微机的接口有哪些主要工作?

解答

1. 因信号是微弱电量,不能驱动外围设备。
2. (1) 将模拟信号转换为数字信号或将数字信号转换为模拟信号;
 (2) 电压与电流的放大;
 (3) 滤除噪声的措施。

11 输入用外部接口的作用



Ⅰ 温度传感器需要的外部接口

热敏电阻温度传感器的外部接口，是用来将温度数据输入微机的接口。先介绍一下输入用外部接口的作用(参见图 1)。

Ⅱ 热敏电阻的特性

① 热敏电阻是陶瓷热敏元件，可用于测量－50～350℃的温度；

② 当温度上升时，热敏电阻的阻值呈指数函数减少；

③ 热敏电阻本体是电阻，电流流过就要发热，会影响测量精度，为此应尽量降低热敏电阻的输入电压，以尽可能地减少其发热；

④ 因温度变化引起的电阻值变化呈指数函数关系，所以与其温度高的部分相比，其温度低的部分电阻值的变化率要大一些，利用这一温度低的部分来测量可提高测量的精度(参见图 2)。

Ⅲ 检测电路

由于热敏电阻“随温度变化引起的电阻值变化是指数函数”，随着温度变化的电量变化也不是线性的，不便于计算机的处理，所以要对随着温度变化的电量进行线性化处理。

处理的方法如图3所示，用一个电阻与热敏电阻串联，可使随着温度变化引起的电压变化线性化。

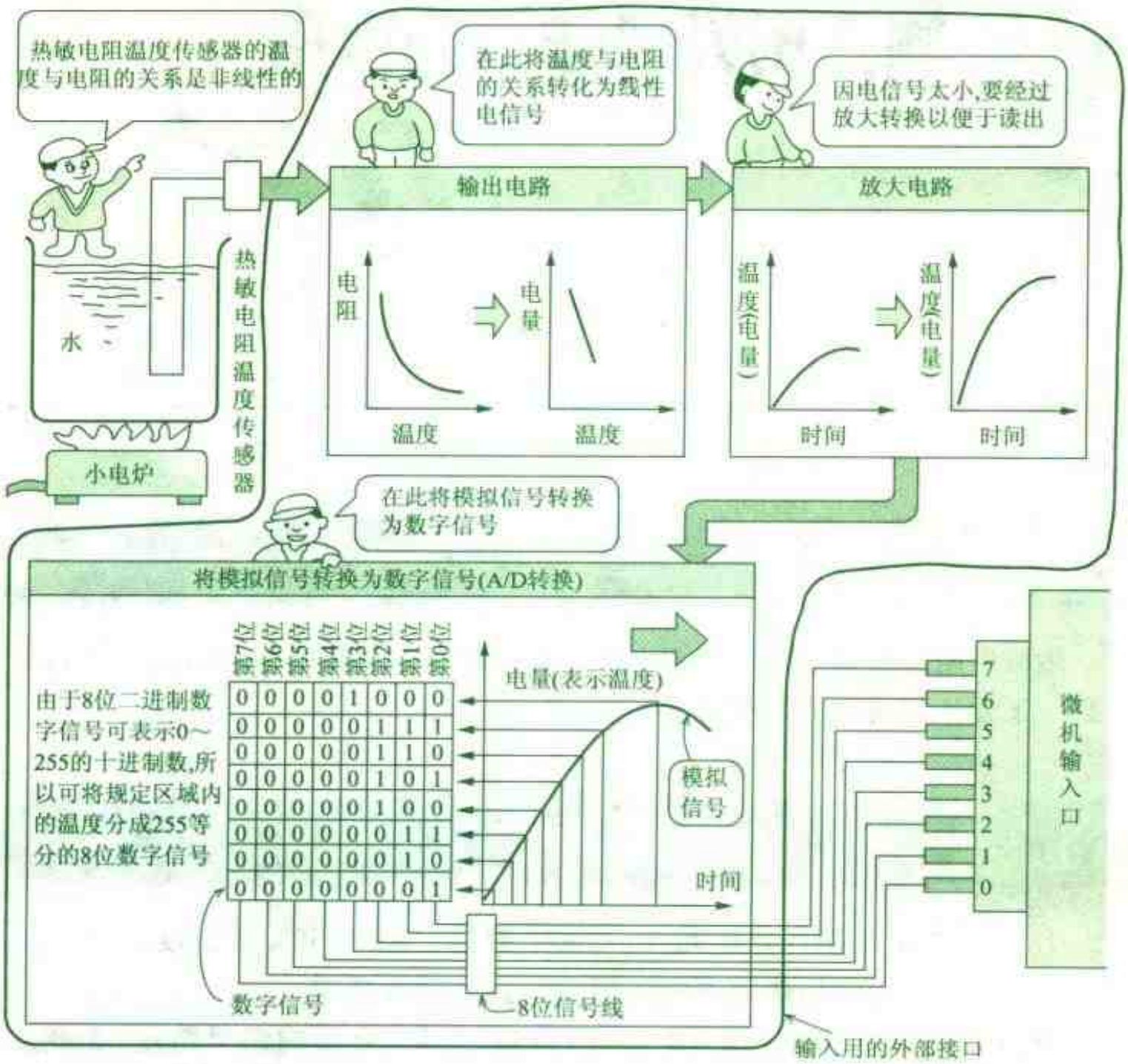


图1 热敏电阻温度传感器的原理图

接成图4所示的桥式电路，当温度相对于基准值变化时，就可检测出电量(电压)的变化。

Ⅳ 放大电路

为了将热敏电阻的发热量限制在最小的程度，需要降低输入电压；同时，为了能检测到在最低温度时的电压差，就要使检测电路输出信号的输出电压非常地小。所以需要将该电压放大为易于处理的模拟信号，用通常称为“运算放大

器”的集成电路(IC),或晶体三极管放大器来放大模拟信号(参见图 5,图 6)。

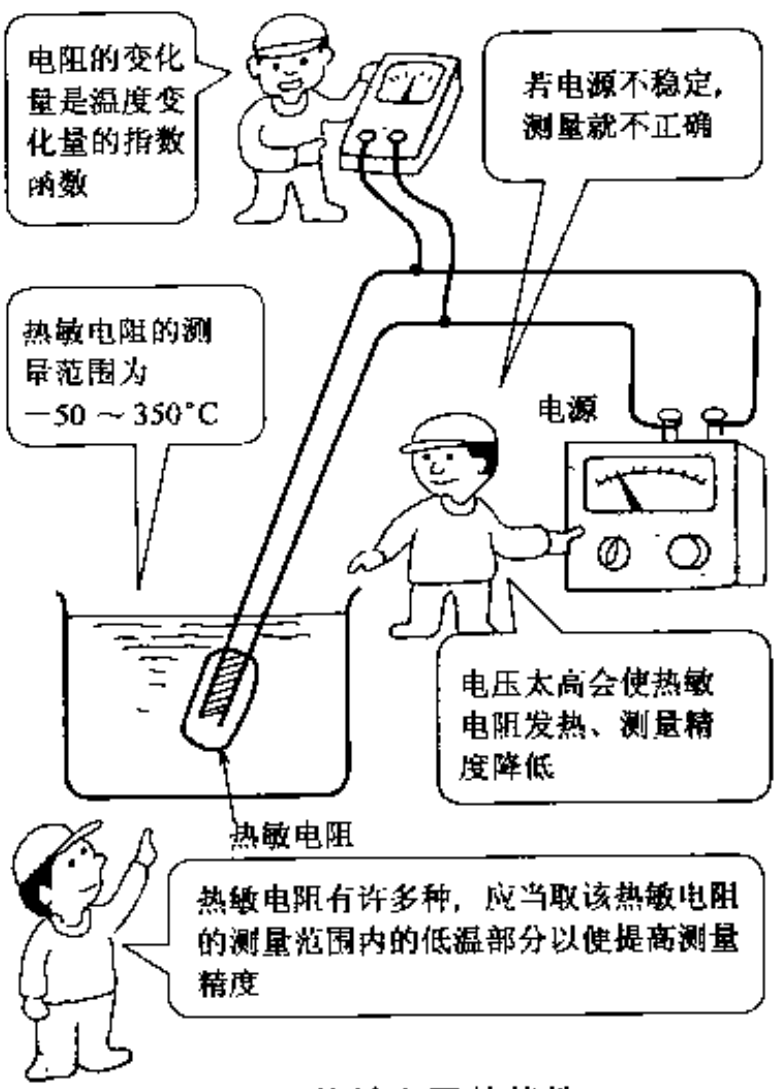


图 2　热敏电阻的特性

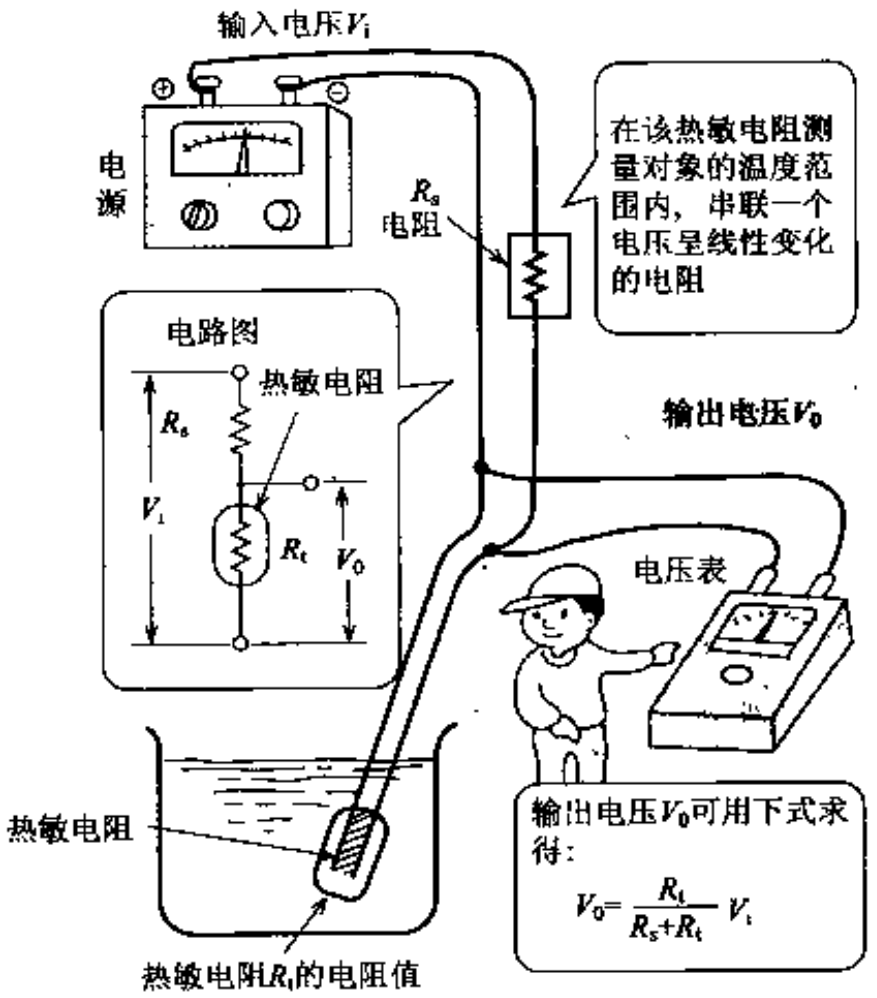


图 3　串联连接的线性修正原理图

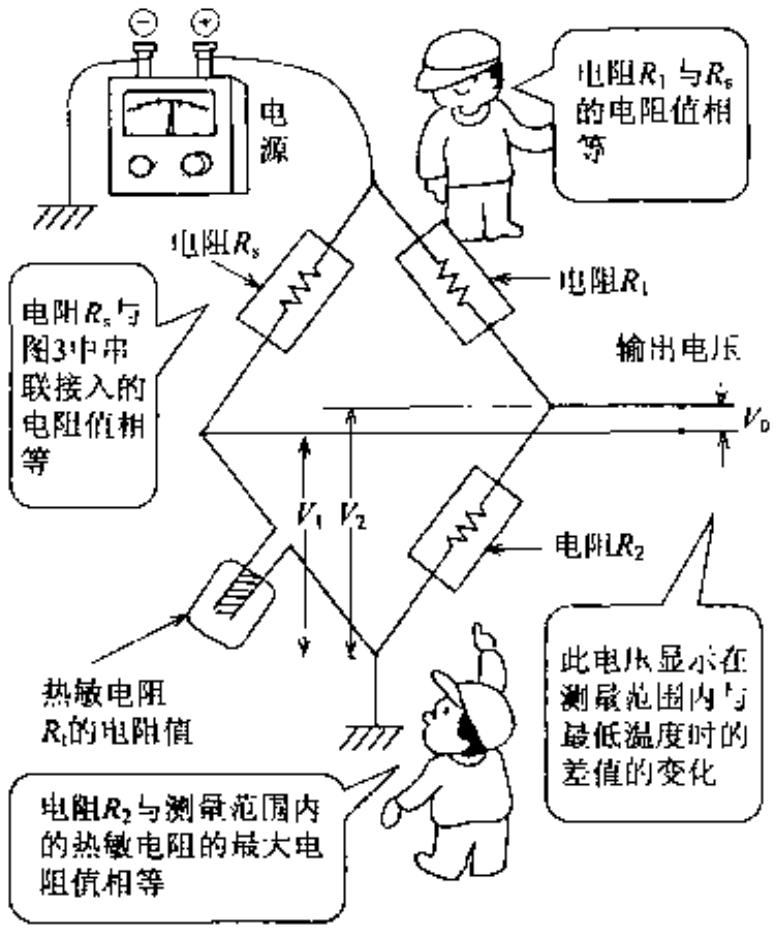


图 4　按桥式电路连接的检测电路

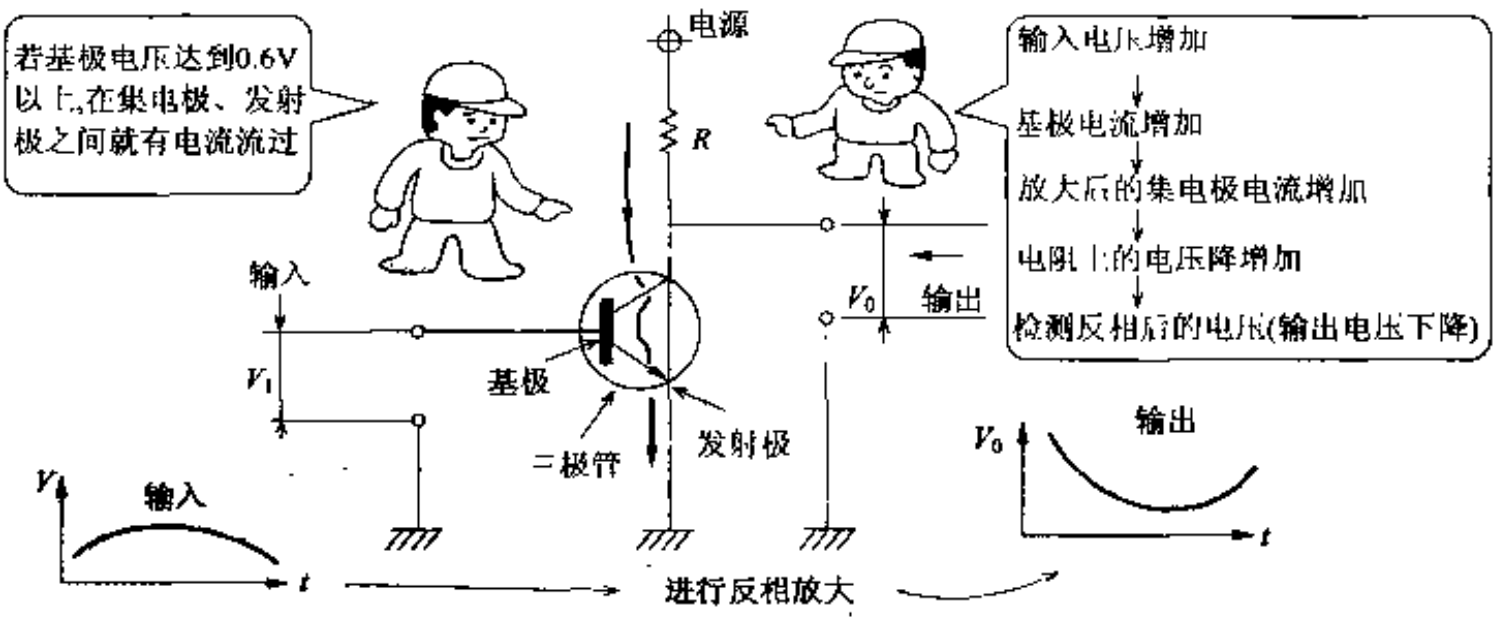


图 5　用三极管进行电压放大的基本电路

在图 6 的基础上，制成小型化的集成电路产品，即**运算放大器**(参见图 7)。

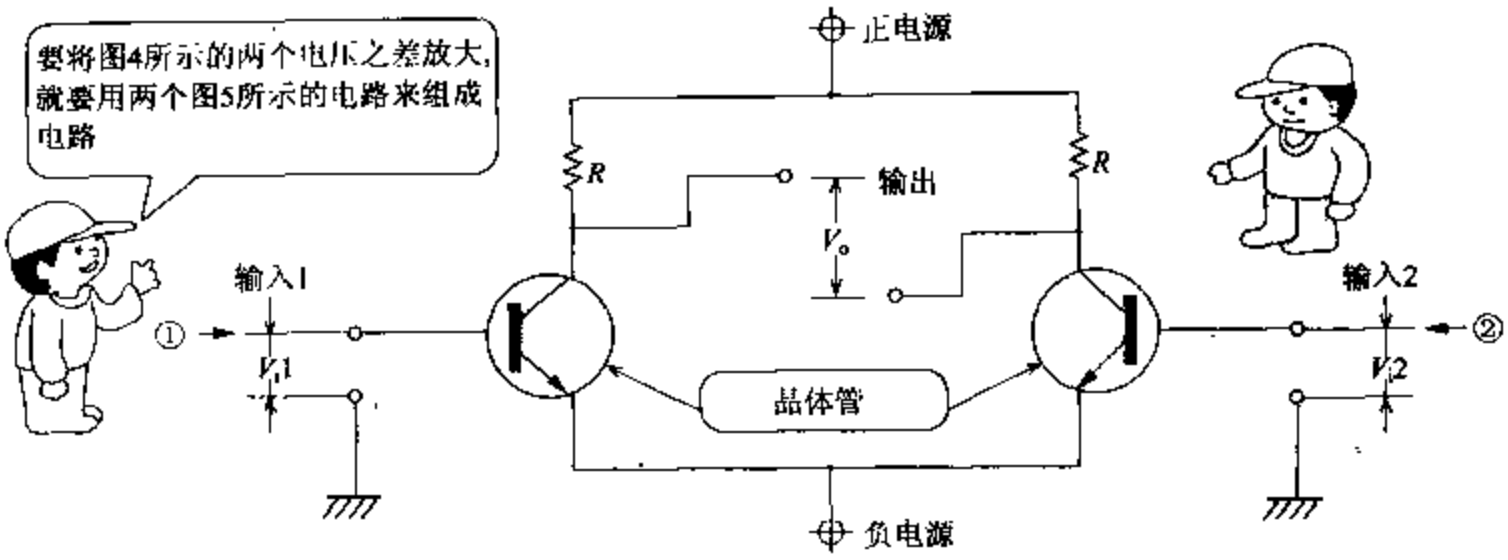
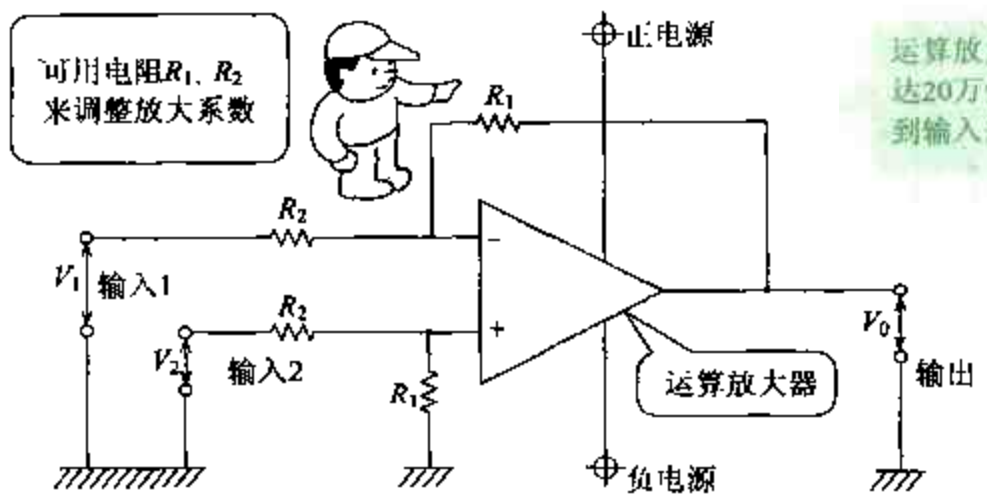


图 6　用三极管进行两个电压之差放大的基本电路



运算放大器本身的放大系数非常大，可达20万倍，因此要将输出的一部分返回到输入来降低放大倍数

输出电压V_0为两个输入电压之差(V_2-V_1)乘以两电阻之比(R_1/R_2)所得的值：

$$V_0=\frac{R_1}{R_2}(V_2-V_1)$$

图 7　用运算放大器放大的原理

V　模/数转换电路

检测电路或放大器电路的输出主要是模拟信号，而模拟信号本身是不能直接输入微机的，因此必须将它转换为数字信号。将模拟信号转换为数字信号的电路称为**模/数转换电路(A/D 转换电路)**。

模/数转换电路的工作原理如下：

① 将测量范围划分至所需的最小单位。例如要测量的范围是 0～60℃，若要得到测量精度为 0.5℃的测量数据，则必须将测量范围分成 120 等分，60/120＝0.5(℃)。实际上要划分的是检测、放大后的电量范围；

② 用十六进制数来分配划分后的最小单位、进行信号的数字化。

下面通过具体例子来做进一步说明。通常用于微机输入的 A/D 转换方法，是转换速度较快的“逐次比较型 A/D 转换法”。比如用图 8 所示不同温度下的数字信号，作为与测量瞬间温度相当的数字信号。

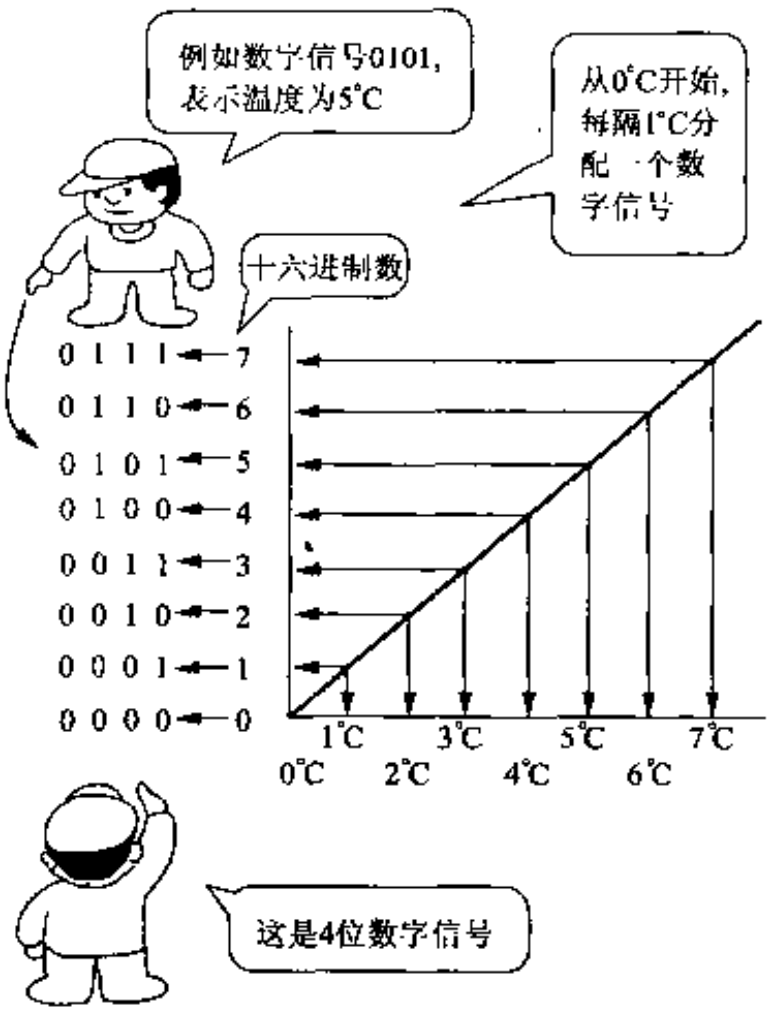


图 8　A/D 转换原理

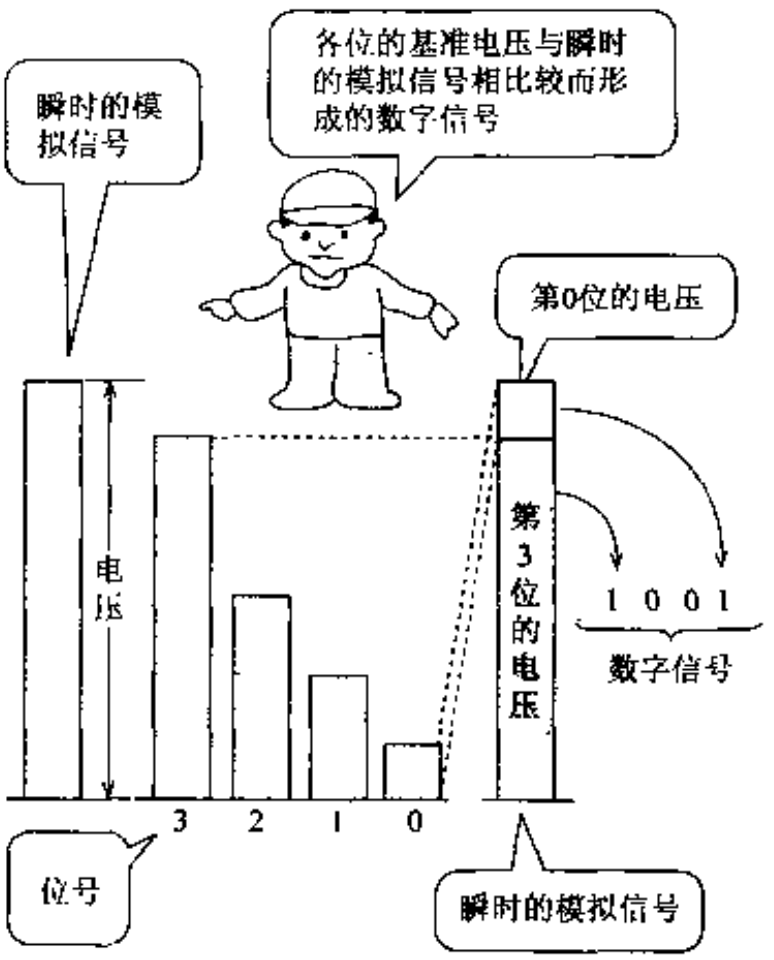


图 9　逐次比较型 A/D 转换的原理

如图 9 所示，所测量温度的电量（如电压等）是与各位上数字信号（事先准备好的）基准值进行比较而转换为数字信号的。

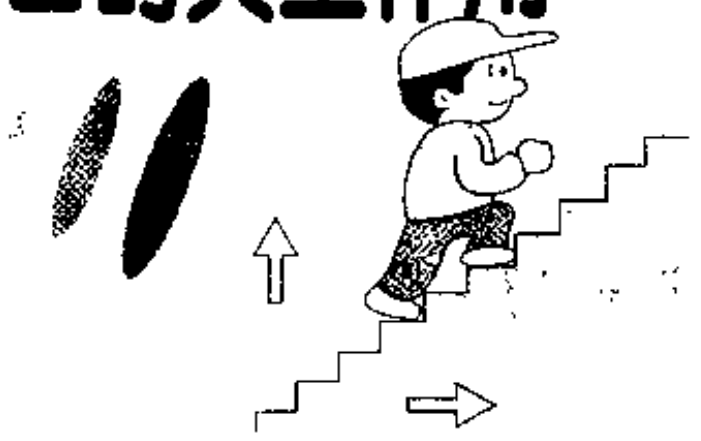
练习题

1. 检测电路起什么作用？
2. 放大电路起什么作用？
3. 模/数转换电路起什么作用？

解答

1. 把测量到的检测量（温度、压力等）转换为线性电量。
2. 放大信号，使转换后的电量易于处理。
3. 为了向微机输入信号，将模拟信号转换为数字信号。

12 输出用外部接口的典型作用



1 用于直流电动机控制的接口

用于直流电动机控制的输出用外部接口的作用由图 1 示出。

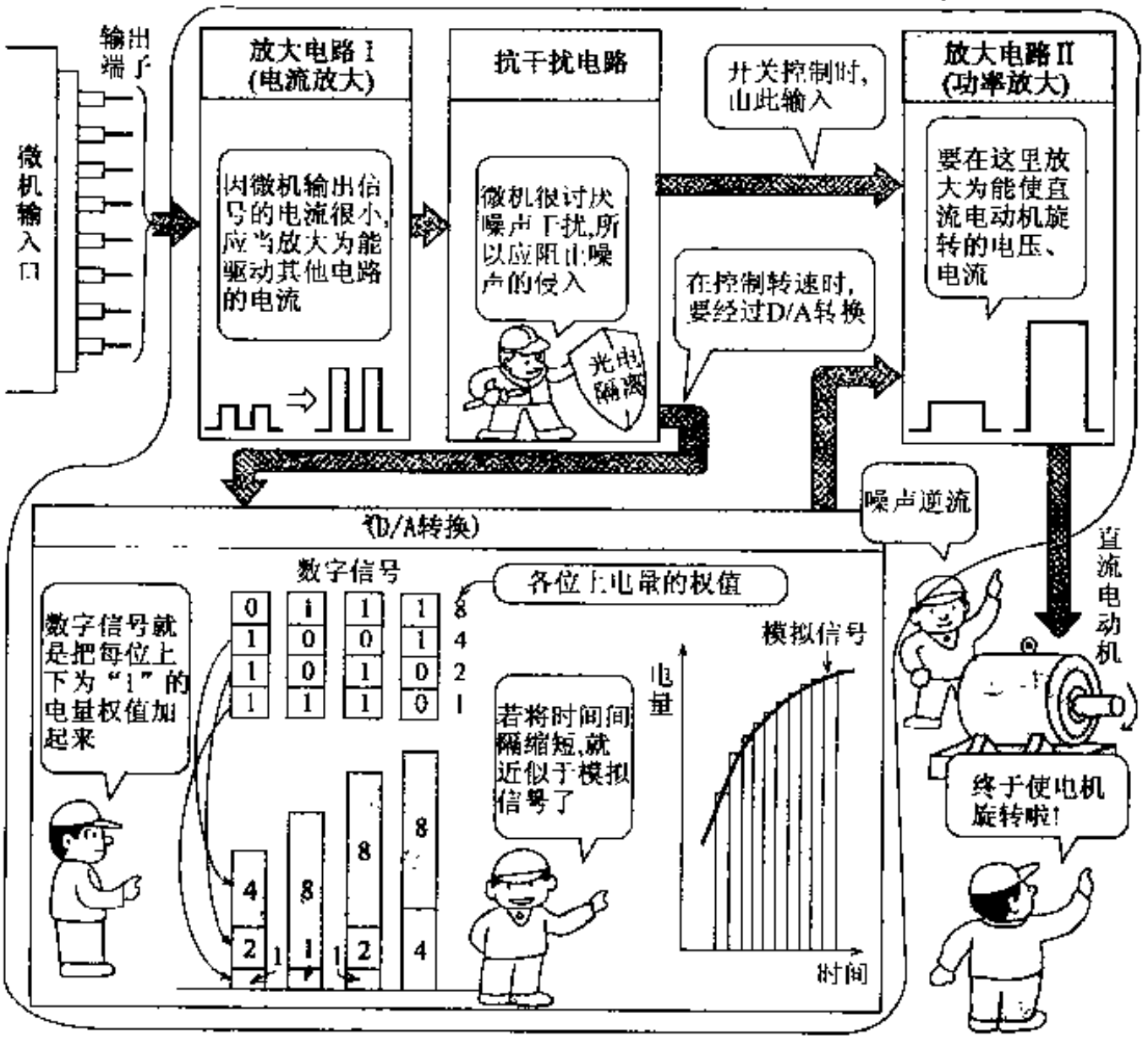


图 1　用于直流电动机控制的外部接口原理图

前面已介绍过放大电路的原理，下面介绍模/数转换的原理。

模/数转换的原理

改变电压是直流电动机的转速控制方法之一。在用微机控制转速时，必须把微机输出的数字信号电压转换成模拟信号电压。

微机输出的数字信号，有 8 位或 16 位等多种，现以将 4 位数字信号转换为模拟信号为例，说明将这类信号转换为模拟信号的工作原理(参见图 2)。

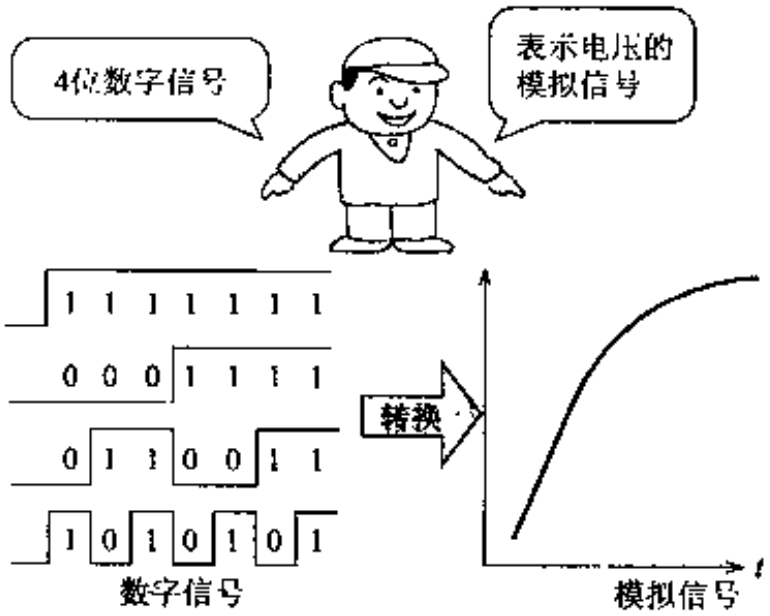


图 2　数字信号与模拟信号

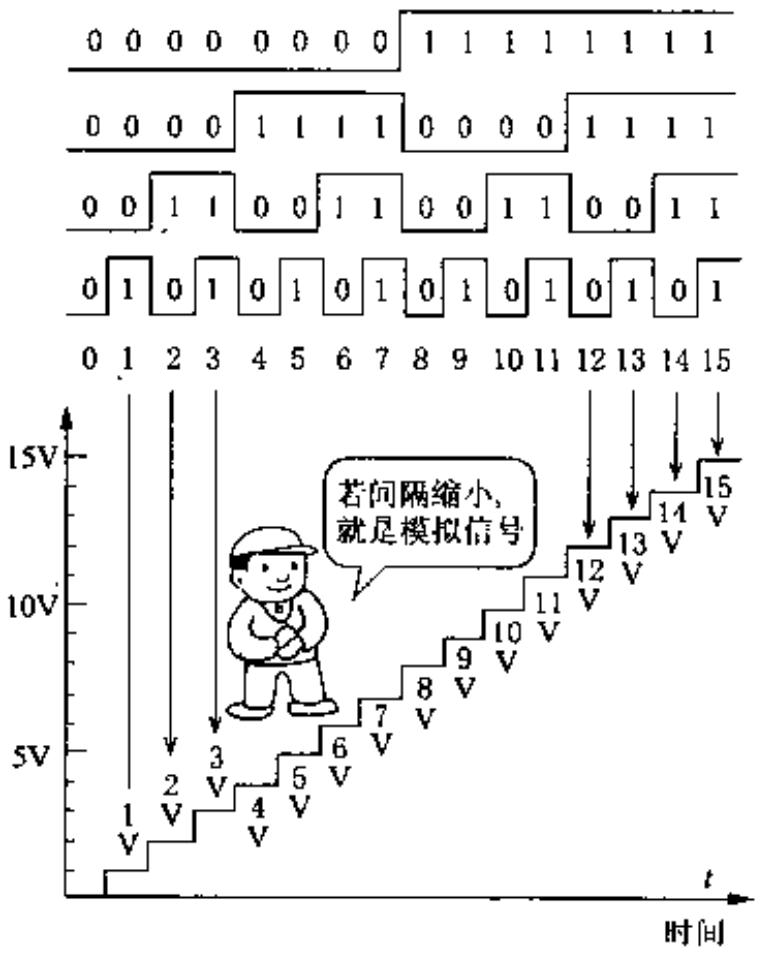


图 3　电压与数字信号

用 4 位数字信号的“0”、“1”组合，可表示 0～15 的数值，若将这一数值作为电压，则可用这些数字信号表示 0～15V。若把它绘制成图 3 所示的曲线图，则为阶梯状的曲线。缩小电压间隔与时间间隔，就得到近似于模拟信号的曲线。

例如 8 位的数字信号，可表示 0～255 范围内的数值，若用 8 位数字表示 0～5V 之间的电压，则可表示的最小电压为 5/255＝0.0196(V)。并且，其时间间隔可用微机产生的输出信号间隔、以 μs(10^{-6}s)为单位来输出。

Ⅲ　数/模信号转换电路的原理

尽管数/模转换的基本电路有很多种，但最常用的还是如图 4 所示的将电阻连接成梯形的电路。

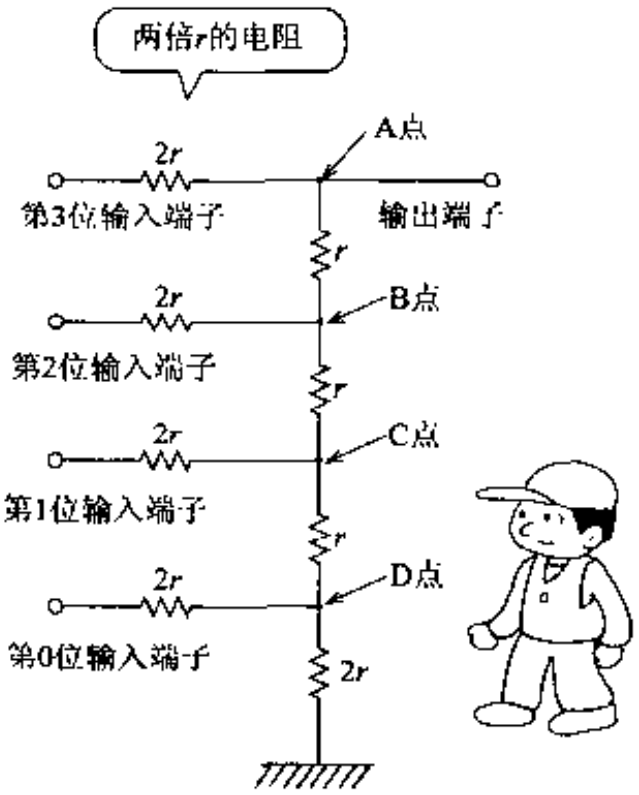


图 4　梯形电路的原理

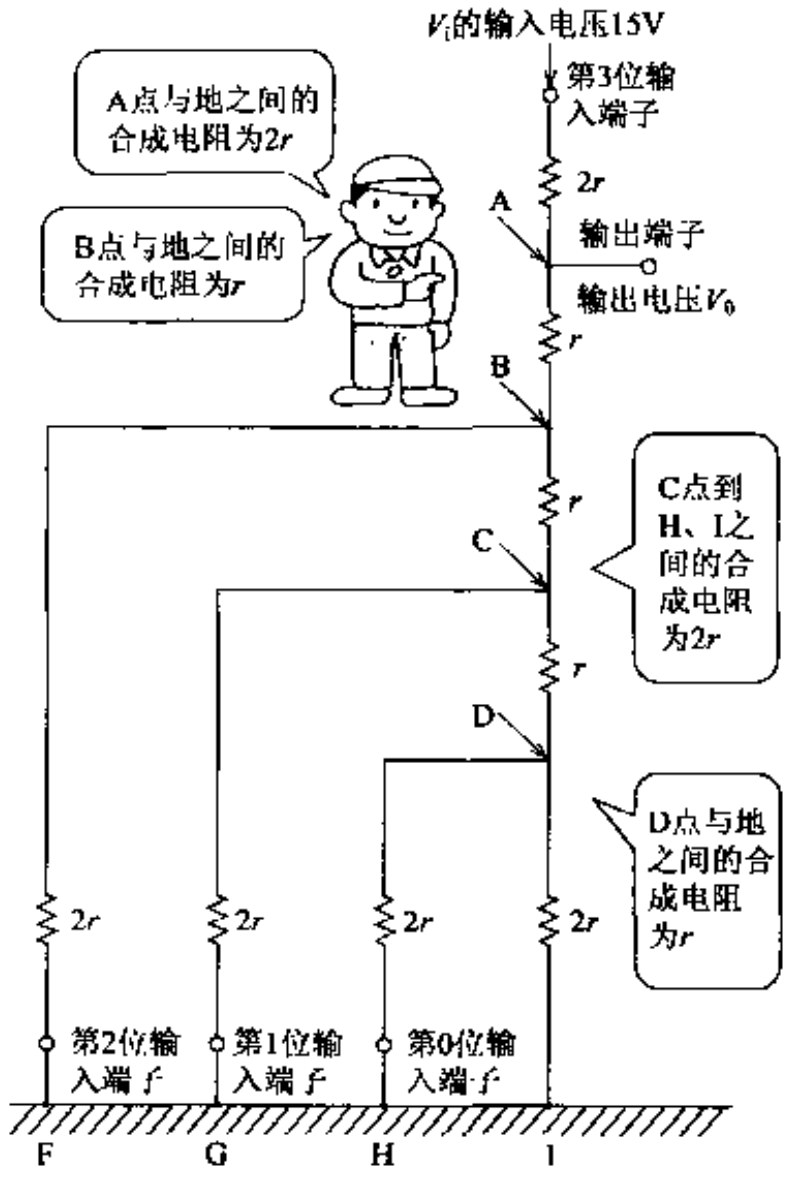


图 5　在第 3 位的输入端子上输入信号“1”

以将 4 位数字信号转换为模拟信号为例，探讨此梯形电路图的工作原理。

假设在第 3 位的输入端子上输入信号“1”，也就是加上了电压 $V_i(=V_{CC}-5V)$，设其他的输入端上的输入信号为“0”，即为 0V(接地)，则成为图 5 所示的电路。

① 计算 D 点对地之间的合成电阻。

因为是 $2r$ 的电阻并联，所以 D 点对地之间的合成电阻为

$$R_D=\frac{2r\cdot 2r}{2r+2r}=\frac{4r^2}{4r}=r$$

② C 点与 H、I 点之间的电阻

$$r+r=2r$$

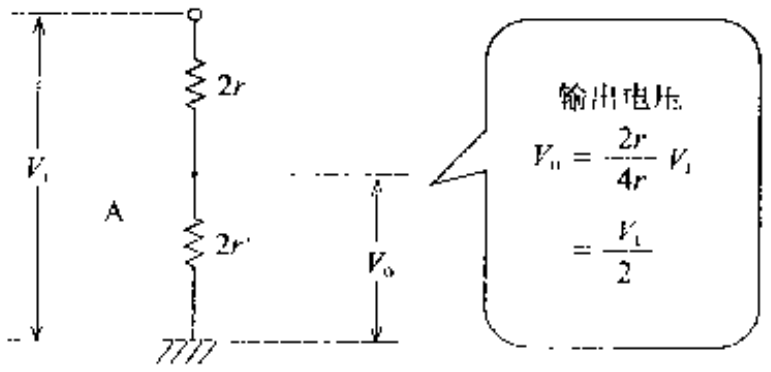


图 6　输出电压

C 点与地之间的电阻为 $R_C = r$

③ 依此类推，B 点对地之间的合成电阻也是 r。

④ 因输出电压 V_0 与 A 点的电压相同，所以要考察一下 A 点的电压(参见图 6)，A 点与地之间的合成电阻为 $2r$，并且第 3 位输入端子与地之间的合成电阻为 $2r+2r=4r$。因此，由图 6 可知 A 点的电压为

$$V_0 = \frac{2r}{4r} V_i = \frac{1}{2} V_i$$

若考虑在各位的输入端子上分别输入信号“1”时，则其输出信号为：(请读者自己画出电路图来验算)。

若在第 3 位的输入端子上输入信号“1”，

$V_0 = V_i/2$　　权值 →[8]

若在第 2 位的输入端子上输入信号“1”，

$V_0 = V_i/4$　　权值 →[4]

若在第 1 位的输入端子上输入信号“1”，

$V_0 = V_i/8$　　权值 →[2]

若在第 0 位的输入端子上输入信号“1”，

$V_0 = V_i/16$　　权值 →[1]

当有多个输入端子上输入信号为“1”时，其输出信号电压为上述各位上输入信号为“1”的输出信号的权值相加。

例 1　当第 0 位与第 1 位的输入端子上的输入信号为“1”时。

第 0 位的输入端子输入信号为“1”时的电压为 $V_0 = V_i/16$

第 1 位的输入端子输入信号为“1”时的电压为 $V_0 = V_i/8$

所以 $V_{out} = \frac{V_i}{16} + \frac{V_i}{8} = \frac{3}{16} V_i$

例 2　当第 0、1、2 位的输入端子上的输入信号为“1”时。

第 0 位与第 1 位的输入端子上的输入信号为“1”时的电压为 $\frac{3}{16} V_i$，第 2 位的输入端子上的输入信号为“1”时的电压为 $\frac{V_i}{4}$，所以

$$V_{out} = \frac{3}{16} V_i + \frac{V_i}{4} = \frac{7}{16} V_i$$

第2章

简单控制入门



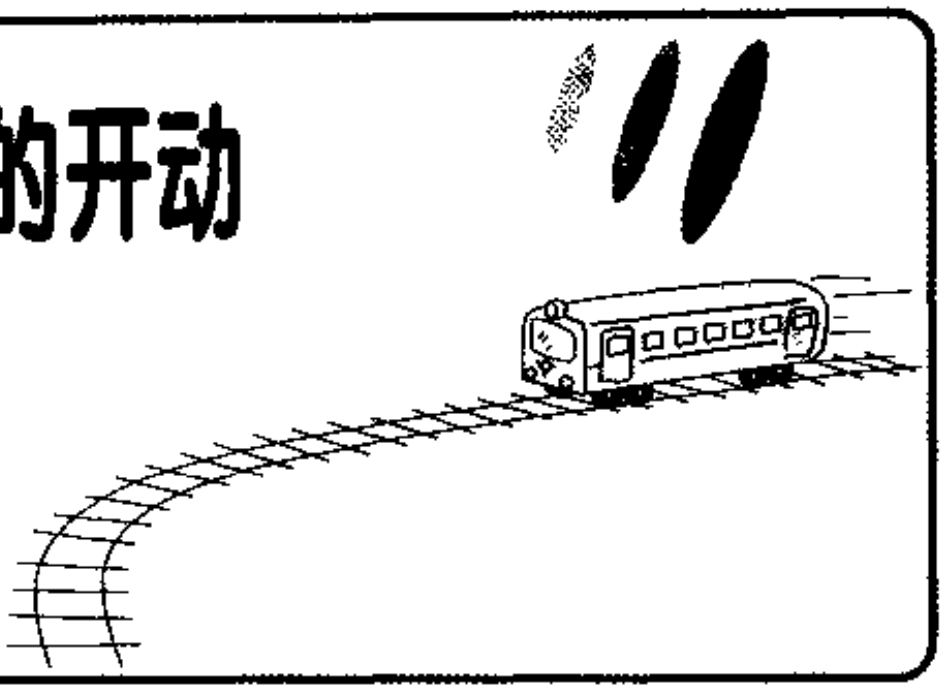
本章的学习内容

仅靠人的感官来操控高速行驶的列车和每隔几分钟就开出一辆公共电车是很难的,必须采用大型计算机来处理在高速行驶状态下的大量参数。现在，已将大型计算机用于交通控制与生产系统等各种大规模的控制系统之中；并将微机用于全自动照相机等各种家电产品的控制之中。随着科学技术的迅猛发展，可以预见计算机在控制领域中的应用正在广泛地、深入地扩展，计算机必将成为主要的控制手段，更广泛地应用于各种控制领域。

在这一章中，将通过铁路模型来介绍简单控制原理，并探讨一些与控制有关的实际问题。学习控制,必须与计算相结合,为了使初学者更加容易理解和掌握,将采取由浅入深、循序渐进的方法先从人工操作开始研究。

为了灵活地应用自动化中所用到的方法与控制的基础知识，首先花精力研究电气控制与电子电路。这样，既学会了计算机控制，又依次研究了控制中的实际问题就可以牢牢地掌握控制的全过程。

1 模型电车的开动



在开动模型电车时，来研究与控制有关的实际问题。

1 模型电车的开动

对模型电车的控制，先探讨电车是如何开动的。模型电车中装有模型电车专用的直流电动机。它是由容量很大的电池来带动的(参见图 1)。

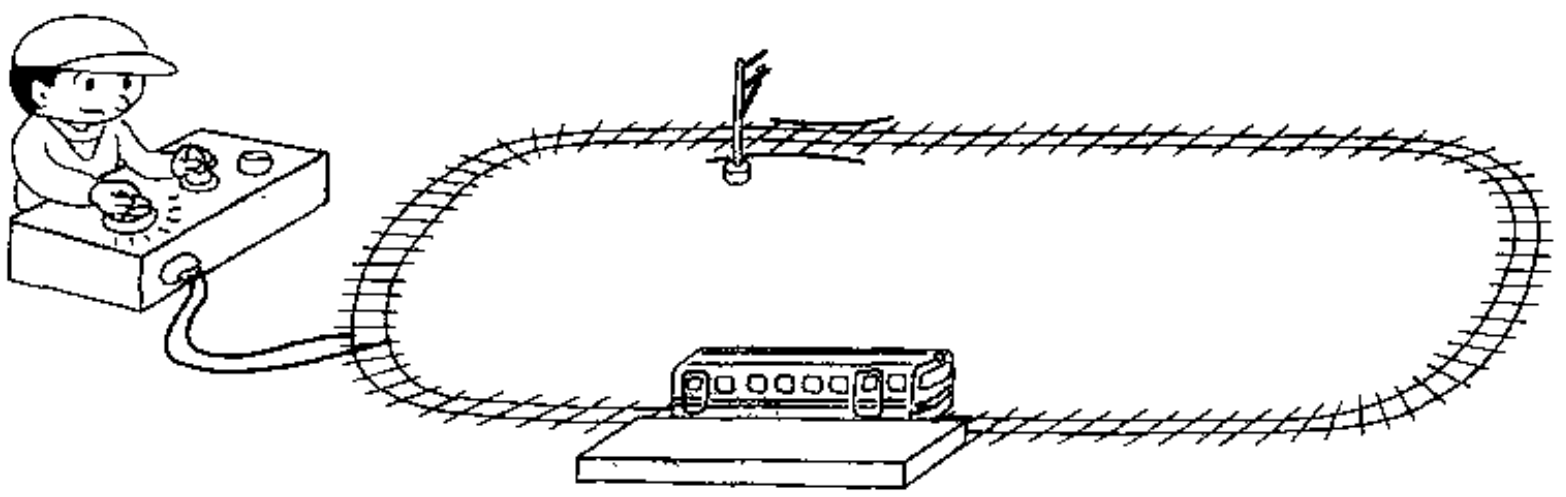


图 1　铁路模型

首先进行以下实验：

铁路模型电车，用 4 节 1.5V 的电池(单个型)和两根引线(两端带弹簧夹)。

① 如图 2 所示，先将 2 节电池串联(电压为 3V)，再将引线夹在电池的正、负极上，并用引线另一侧的夹头去碰模型电车两边的车轮处，车轮就会缓慢地旋转(确认旋转方向)。

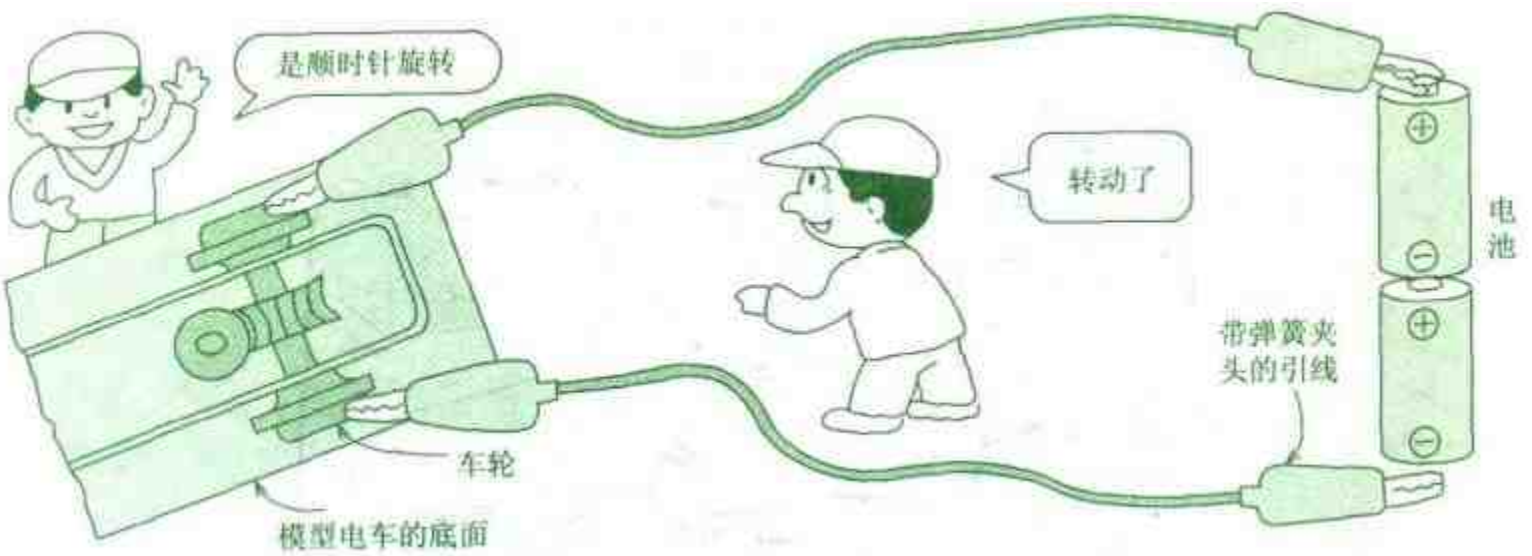


图 2　模型电车转动实验

② 如图 3 所示，将两侧车轮与引线的连接对调，这时，车轮的转向相反。结论是通过改变电流的方向，可以改变车轮的转向。

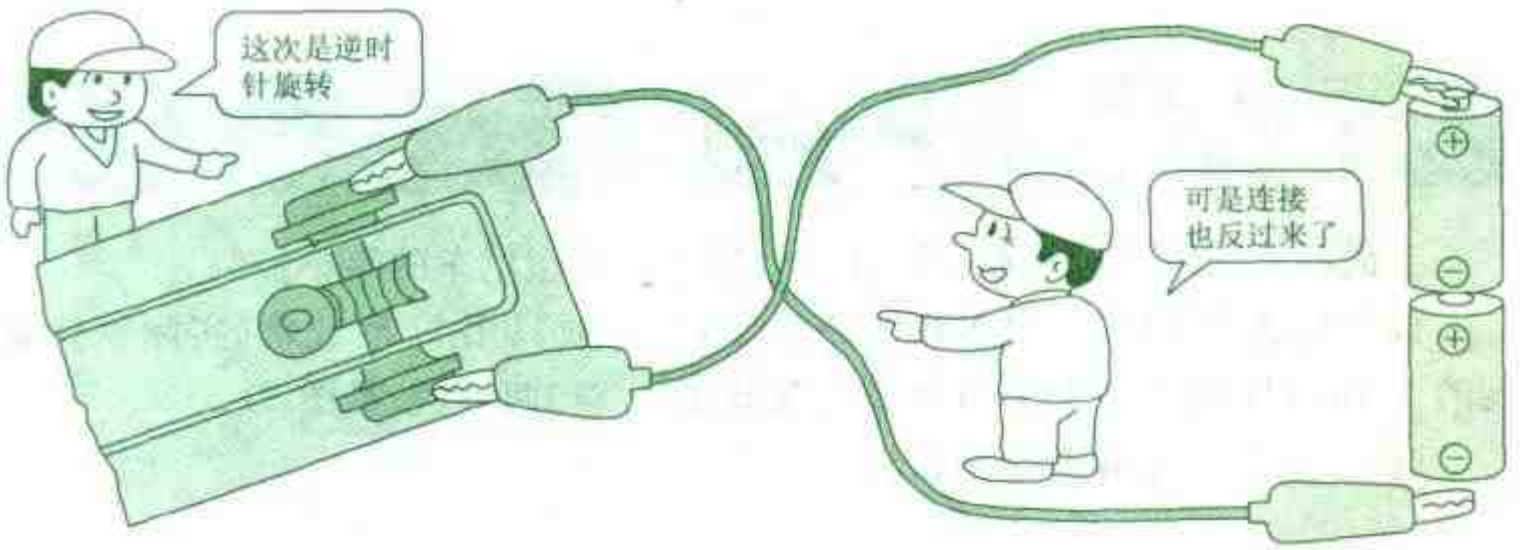


图 3　与图 2 相反的连接

③ 将 3 节电池串联(电压为 4.5V)，进行②中所述的实验。车轮的旋转速度就加快了。

④ 再用 4 节电池串联(电压为 6V)，进行②中所述的实验。车轮的旋转速度会更快。

结论是电压升高，则车轮的旋转速度加快。

简单控制模型电车的方法可由这两个实验的结论得知：

① 电车的“开动”与“停止”，可通过电车上“流过”或“不流过”电流来控制(参见图 1)；

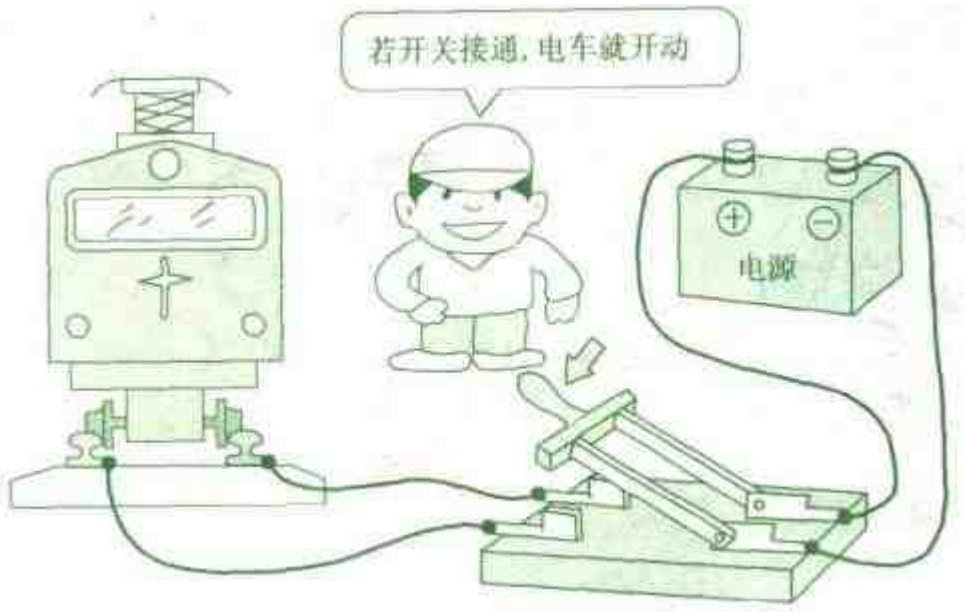


图 4　开动模型电车

② 电车的速度可通过增减电源的电压来控制；

③ 电车的方向可通过改变电流的方向来控制。

Ⅱ　轨道上模型电车的开动

下面就来介绍对运行在实际铺设轨道上的模型电车的简单控制。

根据宽度的不同，有很多种铁路模型，但一般只用 N 型铁轨（实际铁轨宽度的 1/160）与 HO 型铁轨（实际铁轨宽度的 1/87）两种（参见图 5）。

这里，采用较宽的 HO 型铁轨。

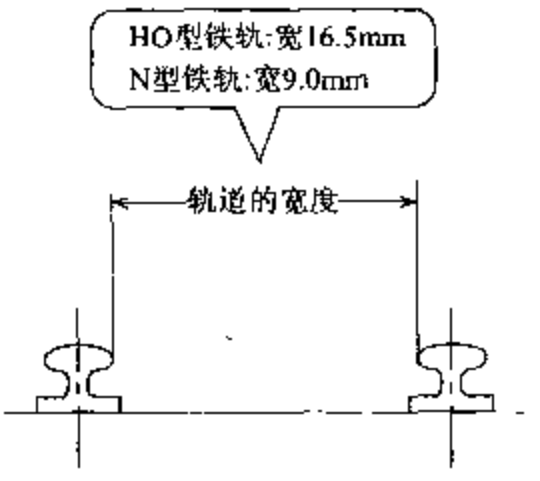


图 5　铁路模型的宽度

铁路模型内是不装电池的；由于架线困难，所以不采用“导电弓”设备来连接电源，面是采用在轨道线路上供电，通过车轮来接通电源。

如图 6 所示，线路铺成像椭圆形，没有设置绝缘部分，全部导通。电源直接连接在线路上。

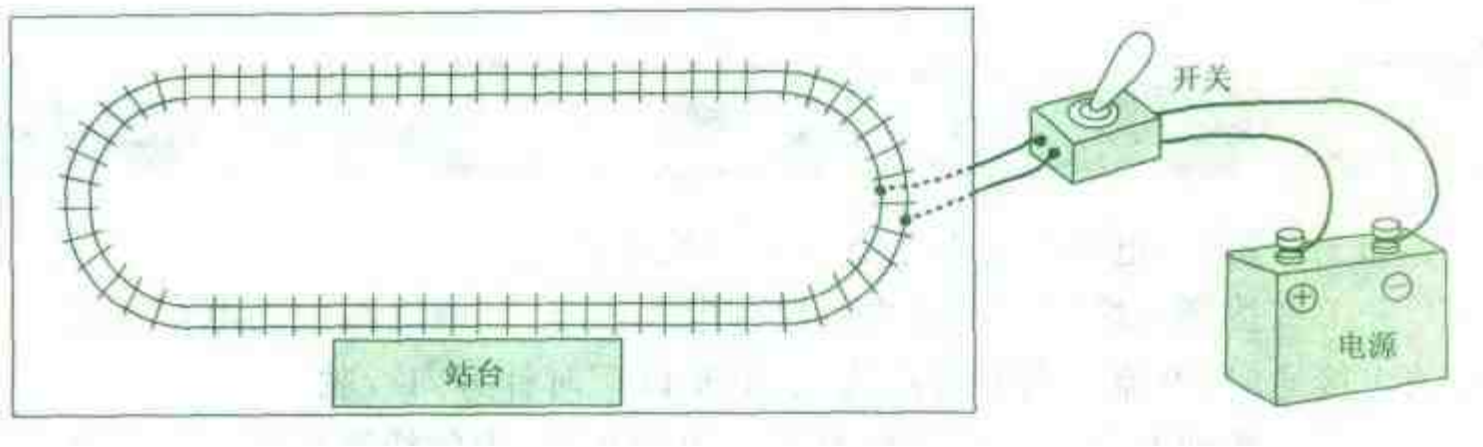


图 6　铁路模型的轨道线路

Ⅲ　电车的行驶与停止

如图 7 所示，铁路模型是通过电源开关来向轨道线路供电的。

① 接通开关，电流从电源经过开关的接点流向线路，电车通过车轮从轨道线路上获得电源，使电动机旋转，电车就开动起来；

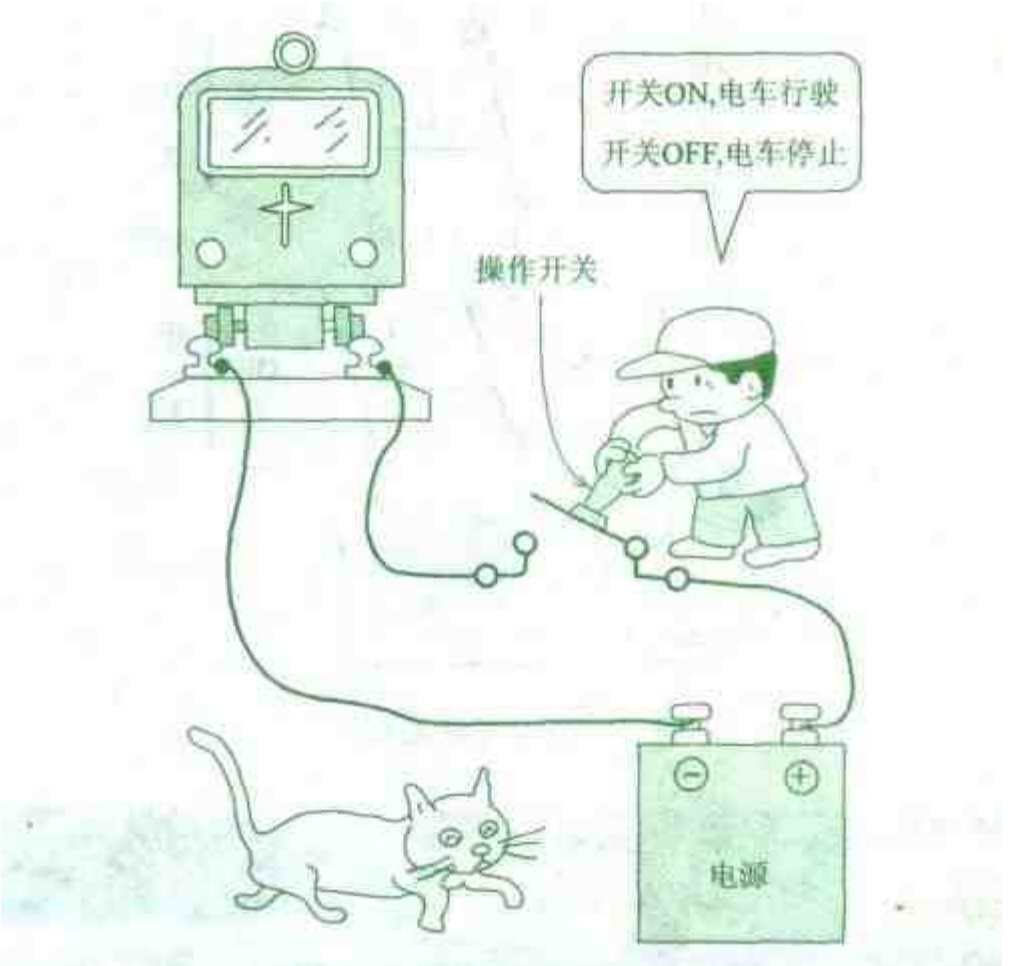


图 7　电车的行驶与停止

② 切断开关，切断了电源供给电动机的电流，使电动机停止转动，电车就停止运行。

流过轨道线路的电流只有一个固定的方向，电车也只能朝一个方向行驶。

Ⅳ　使电车双向行驶

如图 8 所示，电源通过两个开关来向线路供电。

开关 2 拨到 a 端时　内侧线路接到电源正极，外侧线路接到电源负极。当开关 1 接通时，电流从内侧线路流入，电车以顺时针方向行驶。

开关 2 拨到 b 端时　外侧线路接到电源正极，内侧线路接到电源负极。当开关 1 接通时，电流从外侧线路流入，电车以相反方向行驶。

切断开关，电流被切断，电车停止运行。

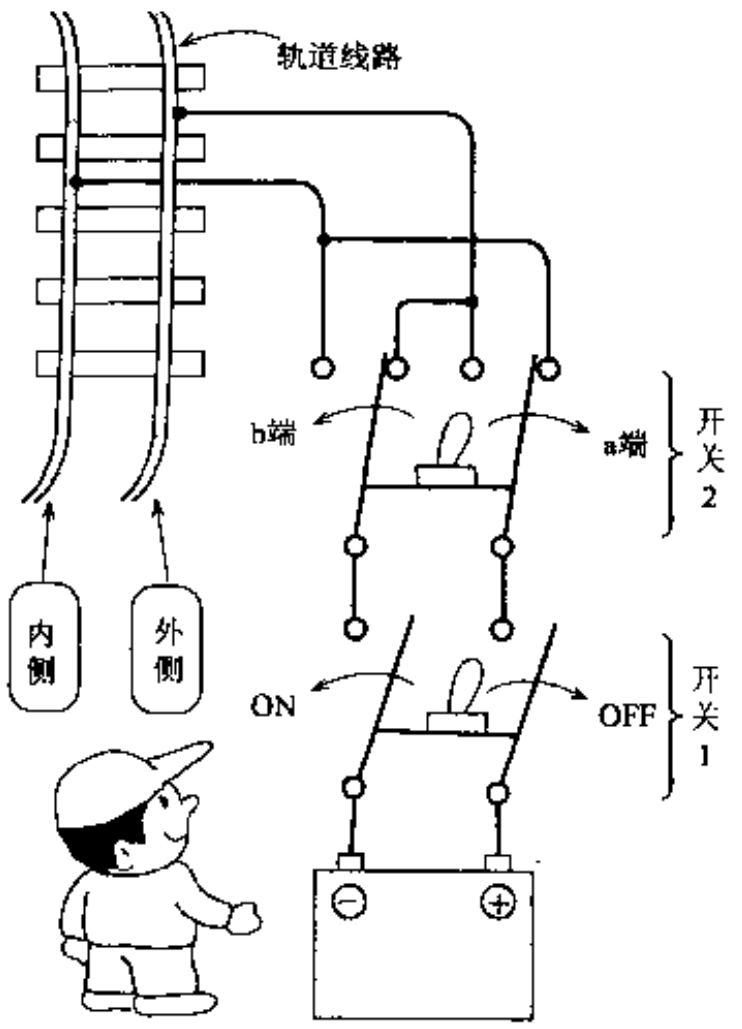


图 8　双向行驶的配线

Ⅴ　改变电车的行驶速度

要改变电车的行驶速度，只要改变供电电源的电压就能实现。

通常，铁路模型电源的额定电压是 12V，以额定电压运行时的行驶速度最快，电压越低，行驶的速度也越慢。一般采用可调电源，通过改变电源电压来控制施加在模型电车上的电压，从而控制铁路模型的行驶速度。

图 9 是改变电压方法的一个例子，是由 8 节电池、7 个开关与连接线组成的电路。

① 将开关 1 接通，则有两节电池串联，电压为 3V；

② 将开关 1 与开关 2 接通，则有三节电池串联，电压为4.5V；

③ 同样地，每接通一个开关，电压就增加 1.5V，若七个开关全部接通时，则有 8 节电池串联，电压为 12V。

实际上，因为从电源到电动机之间总有些线路上的损耗（电压降），所以施加在电车电动机上的电压，要比电源电压稍微低一些。

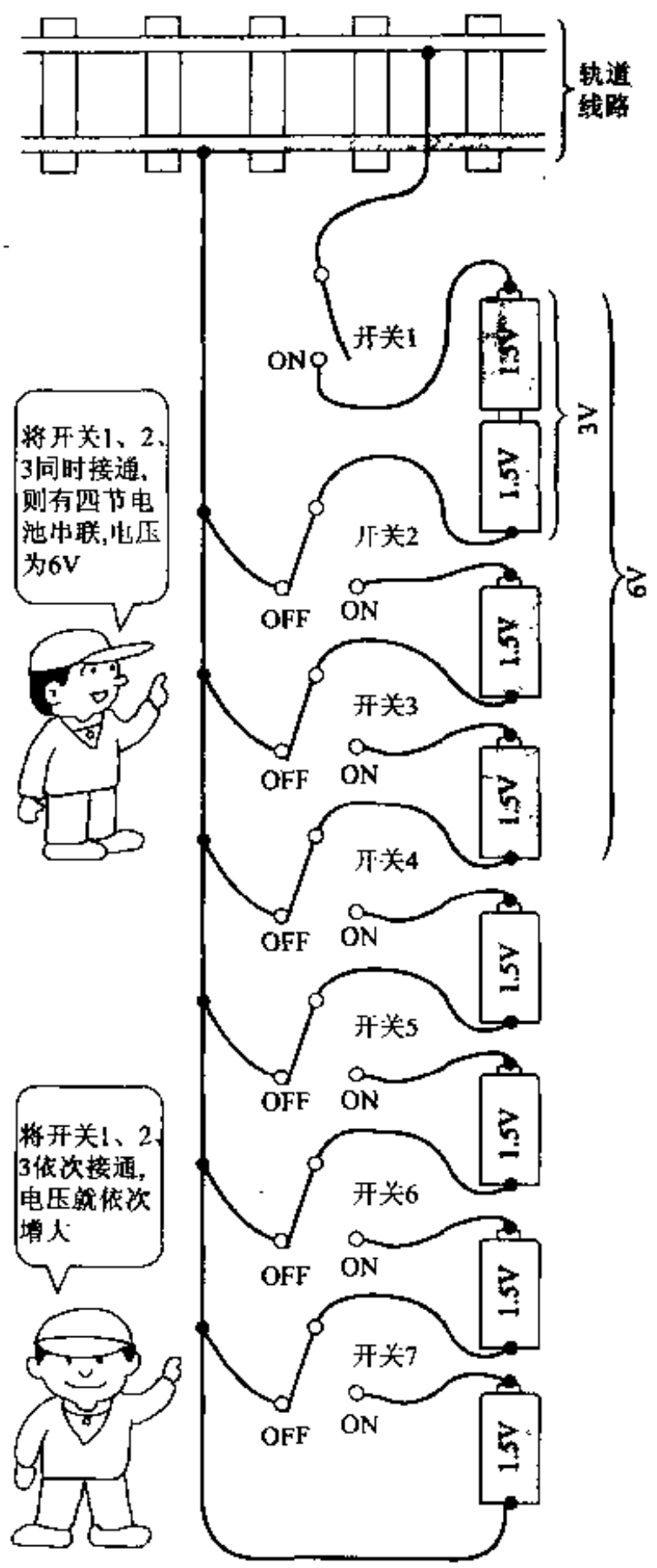


图 9　能改变电车行驶速度的电路实例

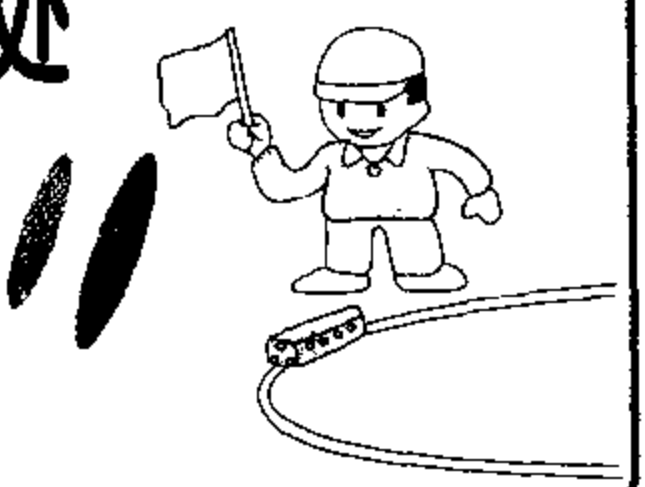
练习题

1. 要改变电车的行驶方向，该怎么做？
2. 要改变电车的行驶速度，该怎么做？

解答

1. 改变流过模型电车的电流方向。
2. 改变施加在模型电车上的电压，电压越高，速度越快；电压越低，速度越慢。

2 模型电车在站台处的停靠



要使模型电车停靠在站台处的某个位置上，只要切断流过电车的电流，就能使电车停止，但要使电车停靠在某个规定的位置上，就必须先检测出电车已到达了哪个位置(参见图 1)。

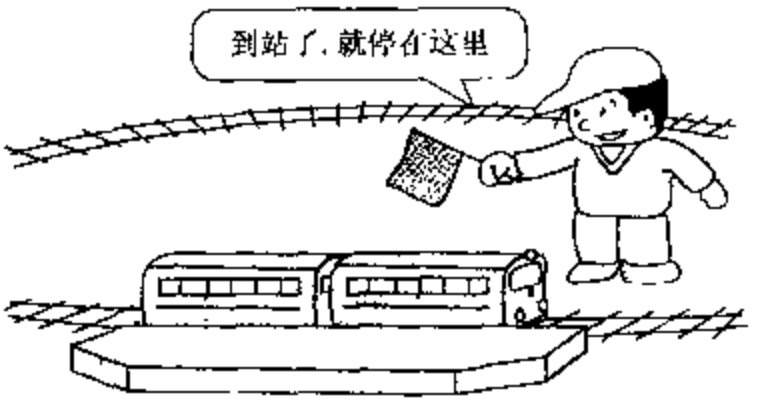


图 1　停靠在站台处的模型电车

先探讨一下使电车停止的方法。

1　使电车停止

要使电车停止，就要切断流过电车的电流。其具体的方法，可从以下几个方面来实现：

① 切断整条轨道线路的电流；

② 利用电气绝缘将轨道线路分开，只切断想要停车区间内线路的电流(参见图 2)；

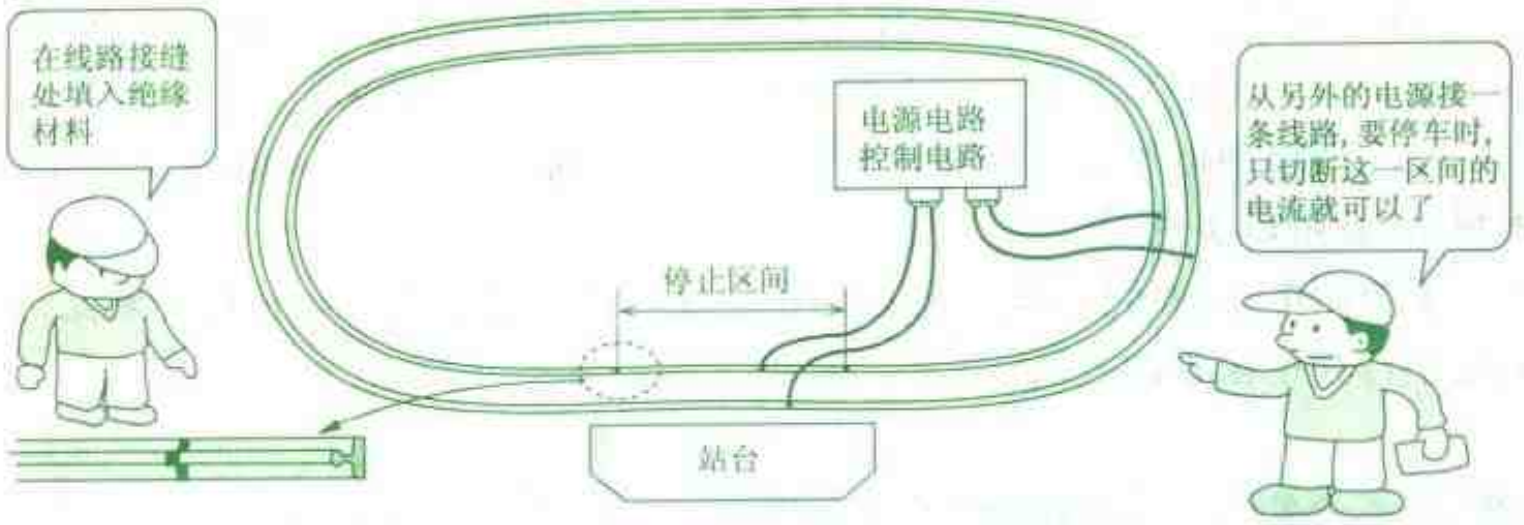


图 2 将线路分区，使电车停止

③ 在电车的电路中加入开关，用外部信号来操作开关；

④ 将电车底部抬起来，使车轮离开轨道。

铁路模型大多采用方法②。

电流切断时，电车会由于惯性的作用滑行一段距离才停止。要想准确地停止在规定的位置上，还应考虑切断电路的延时问题。

何时切断流过电车的电流，要根据电车的行驶速度不同而有所区别。假如能在切断电流前让电车保持恒定速度，停止前惯性滑行的距离就是一定的，就能使电车相当准确地停止在规定的位置处（参见图 3）。

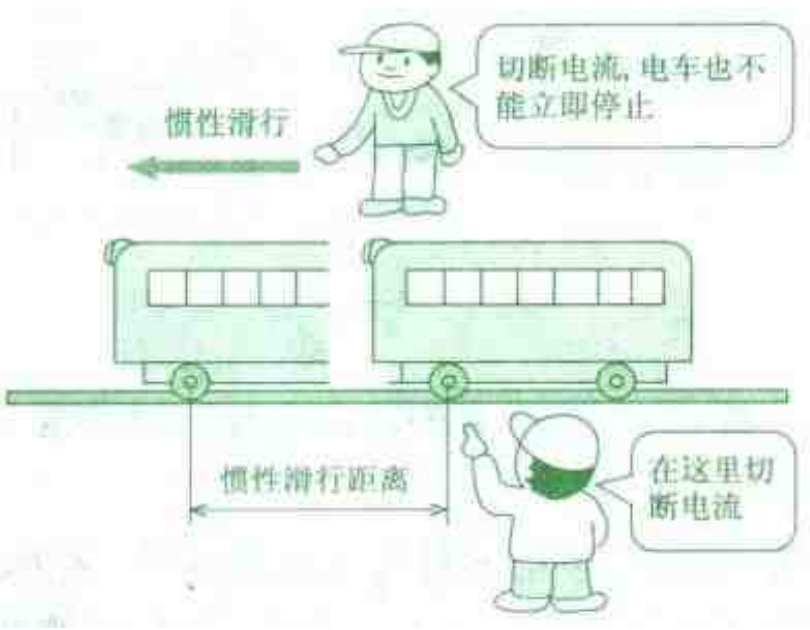


图 3 使模型电车停止

在电车上加装制动器，是使电车准确地停止在规定的位置的最好方法，但是要在模型电车上加装机械制动器，构造方面显然是不合理的。如果利用电动机的反电势，采用电子制动器的方法，电路很复杂。在使用电子制动器时，当确

认电车已到达规定的位置后，先使电车减速，再切断流过电动机的电流，使制动器动作。若电车上装上了这种电路，就可轻松地控制多台电车。

在小型模型电车上加装这种电路显然不大现实，如将这种电路集成化，体积很小，就可以实现了。

要控制电车的运行，检测电车正在行驶中的位置很重要，下面就来探讨检测电车行驶中位置的方法。

检测电车行驶中的位置

检测电车行驶中位置的方法很多，主要有以下这几种：

① 应用光传感器(参见图4)

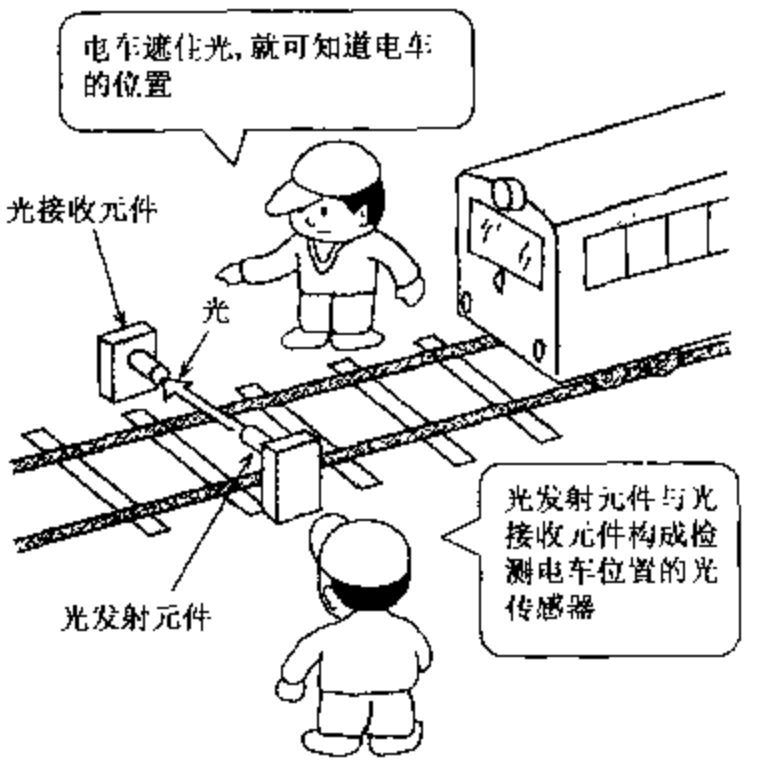


图4 应用光传感器检测电车行驶中的位置

在轨道线路两边，设置光发射元件与光接收元件，光发射元件一直发光，光接收元件也处于接收到光的状态。当有电车通过时，就遮挡了光发射元件所发射过来的光，就能检测到电车到达的信息。

② 应用磁性传感器(参见图5)

模型电车的车架底部装有磁铁，在需要检测的位置装有磁传感器，当电车通过时磁性传感器对电车上的磁铁有反应，就检测出电车所到达的位置。也有采用“干簧管”来代替磁性传感器检测的。

③ 应用限位开关(参见图 6)

在轨道线路旁安装限位开关,在电车指定位置上设置碰块,当电车通过时,电车上的碰块碰到限位开关就能检测出电车到达的位置。

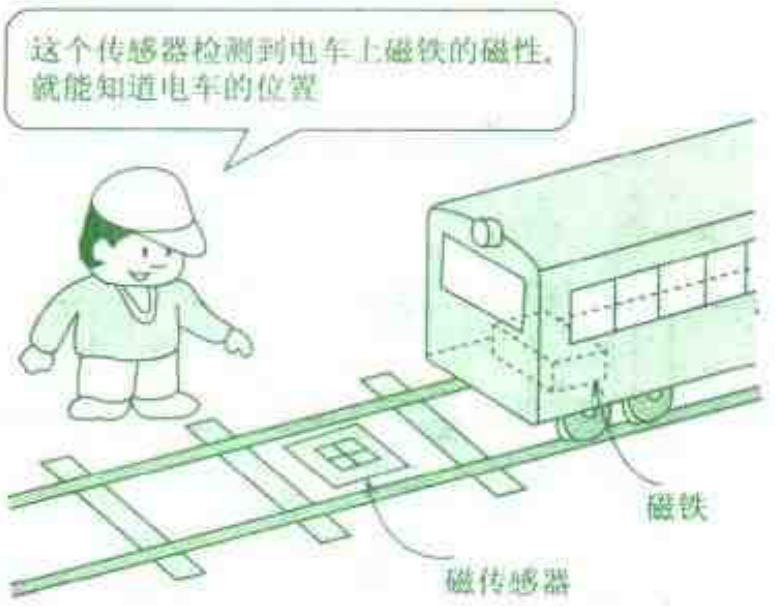


图 5　应用磁传感器检测电车行驶中的位置

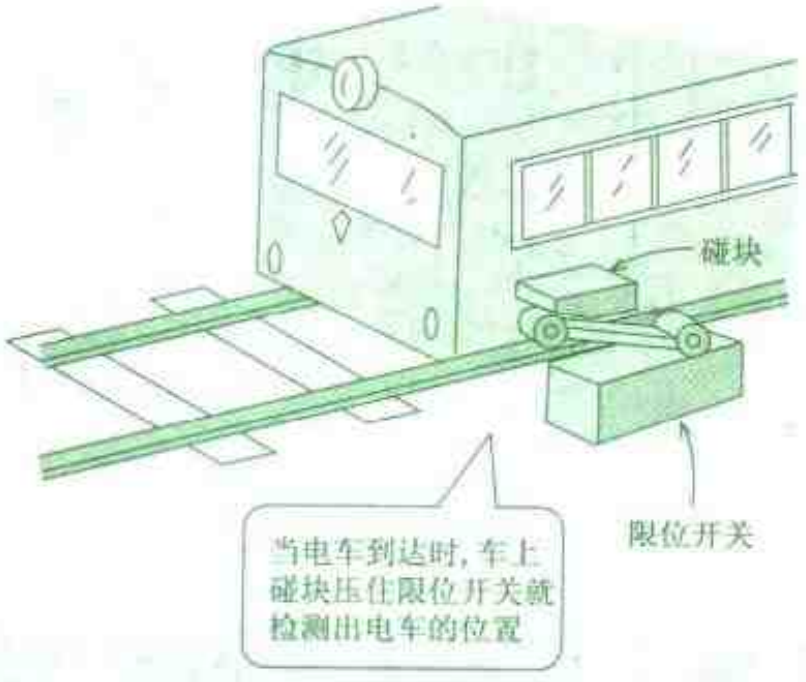


图 6　用限位开关检测电车行驶中的位置

④ 在铁路模型中,大多采用对轨道线路分区通电的方法,若有电车来到该区间,就会有电流流过,根据流过电流的大小,就能检测出电车到达的位置。

其检测方法如图 7 所示,将电源连接到轨道线路上,在电源的正极上连接两个二极管(硅管),并把它们连接到旁边的晶体管基极上,当二极管正向导通时,将产生约 0.7V 的正电压。在图示的分区中,电车到达之前,线路上没有电流流过。若有电车到达此区间,电路中流过电流,两个二极管的两端就会产生

1.4V 的电压，即晶体管的基极上就加上了 1.4V 的电压，使晶体管处于导通状态，此时晶体管集电极上的电压由电源的电压 E V 变为 0V，根据晶体管变化信号，就检测出有电车到达了这一区间。要使电车停止在规定的位置，就需要准确地检测电车的位置，用简单的操作使它停止。

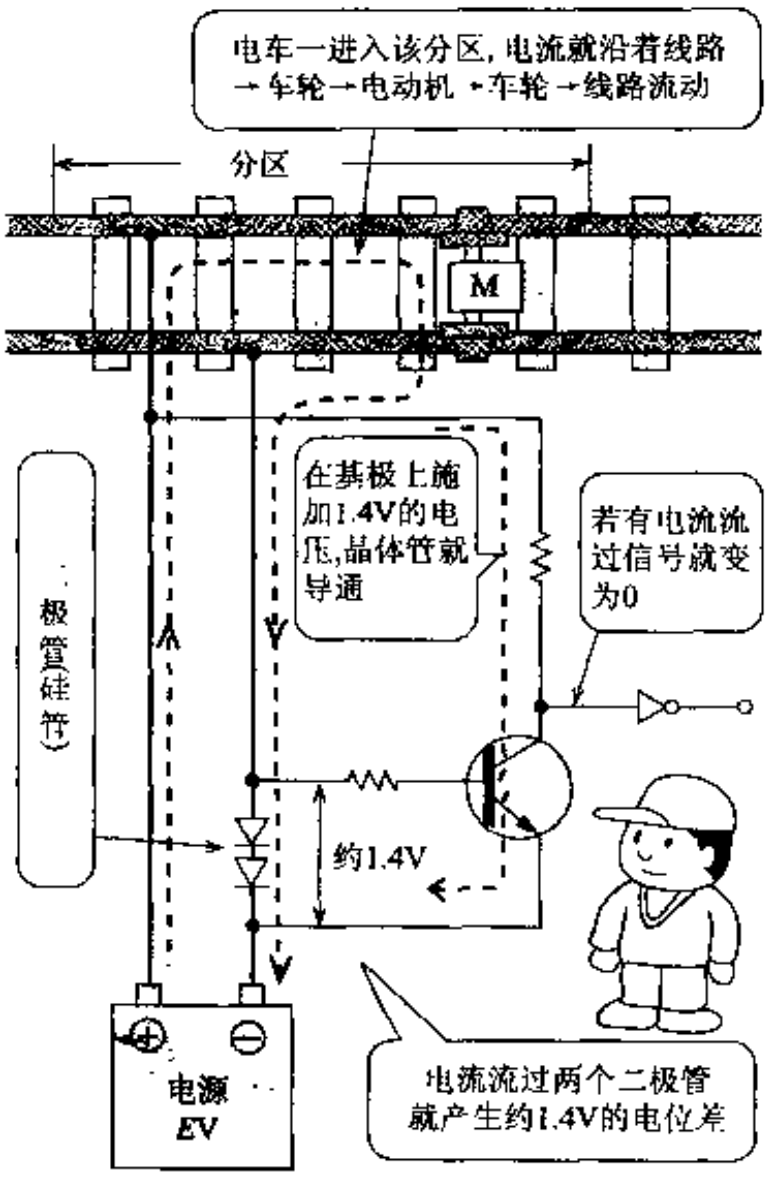


图 7　使用二极管与晶体管检测

Ⅲ　模型电车的动力系统

模型电车的动力系统如图 8 所示。从直流电动机输出的动力，通过装在电动机轴上的蜗杆与车轴相连的蜗轮传递到车轮上，传至减速装置，使电车减速。减速装置的减速比为 1/15～1/20，直流电动机输出动力的大小与模型电车的行驶速度有关。

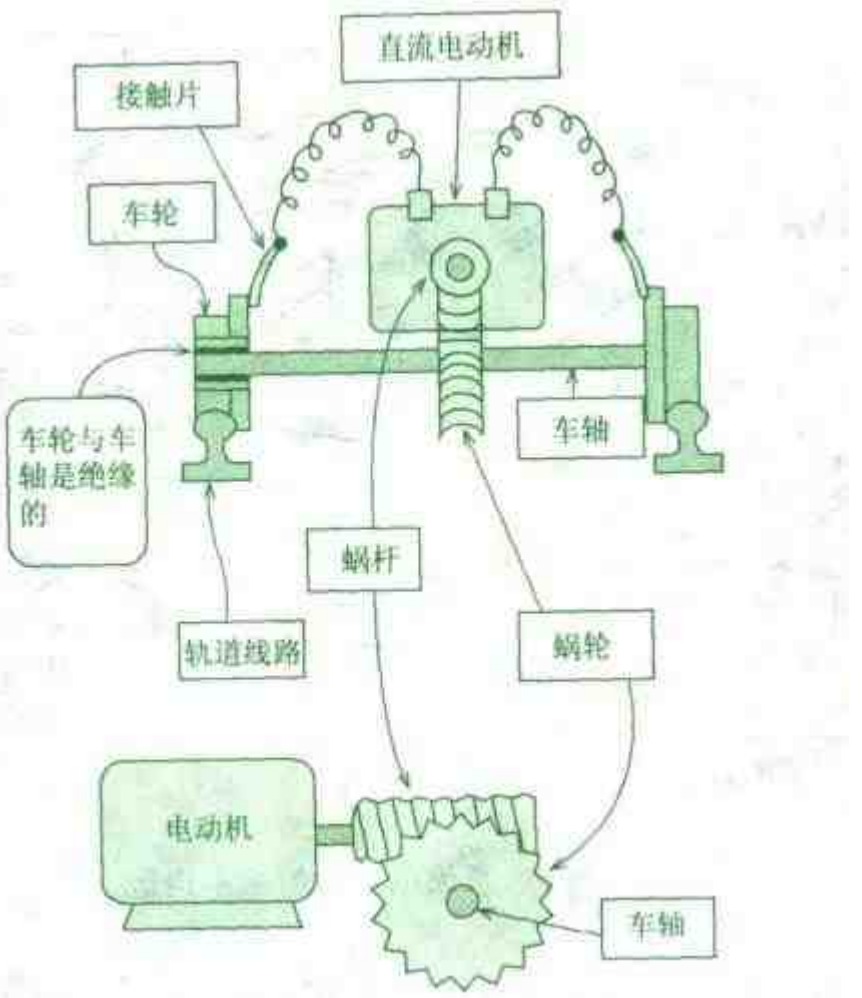


图 8 模型电车的动力系统

Ⅳ 小型直流电动机

直流电动机的基本构造如图 9 所示。

① 定子(永久磁铁)；

② 转子(电枢、线圈与铁芯)；

③ 整流子与电刷。

基本原理：

① 在永久磁铁的磁场中，磁通的方向(从 N 极到 S 极)是与转子的方向垂直分布的；

② 从电刷通过整流子到转子上有电流通过，根据弗莱明左手定则，就会产生使转子旋转的电磁力；

③ 若转子旋转(同时整流子也旋转)了半圈(180°)，则转子上流过的电流方向就变为反方向，但是由于转子旋转了半圈，已与极性相反的电刷接触，其电磁力所产生的旋转方向仍然保持与②相同的方向。

利用这一原理，可使电动机连续旋转。

· 电动机旋转的方向取决于电刷的极性；

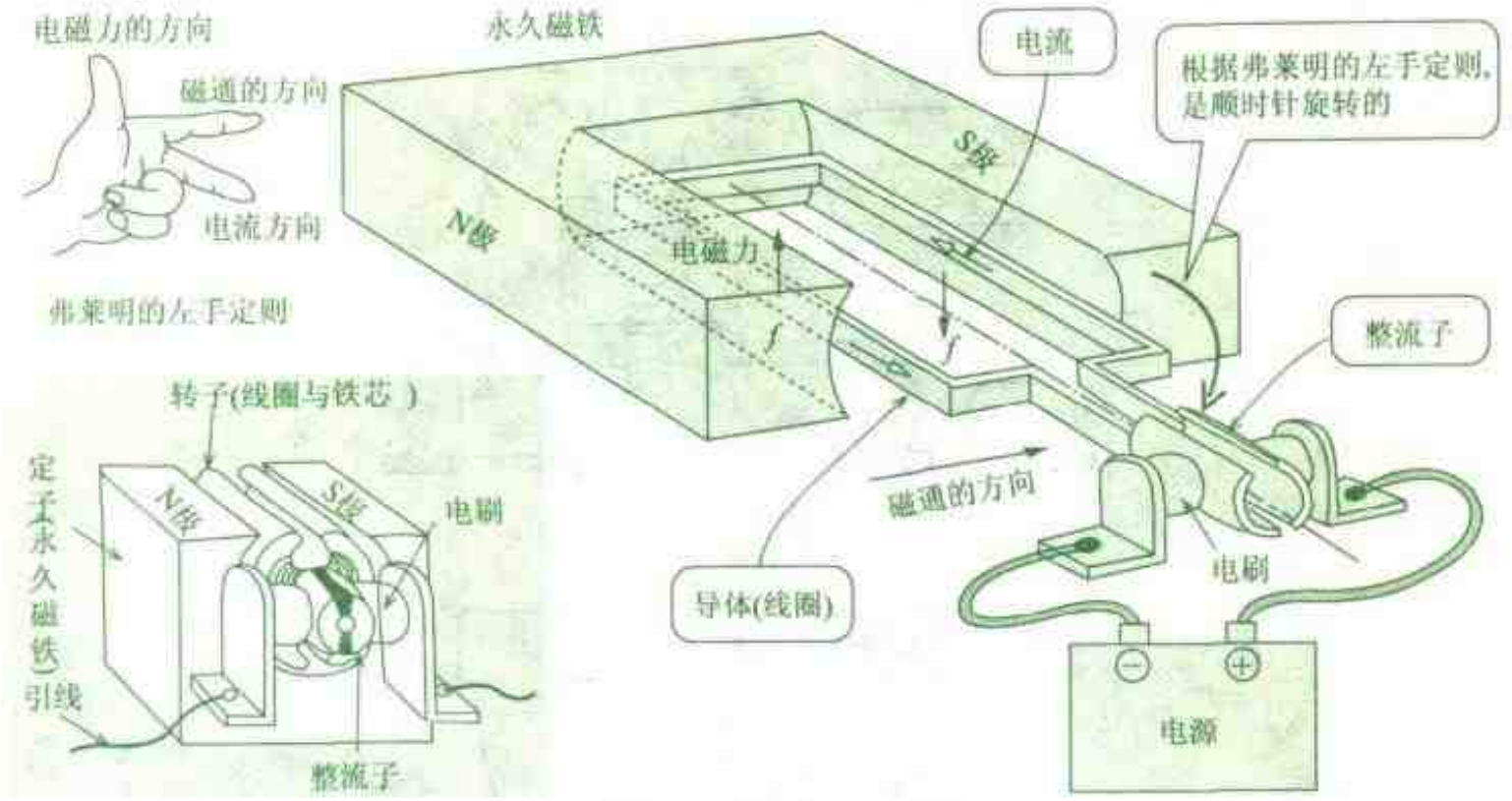


图 9　直流电动机的基本构造

• 电动机的转速与电刷之间的电压成正比，与负荷力矩成反比。

小型直流电动机在额定转矩、额定电压下的额定转速(每分钟的转数)大约为 3 000～6 000 r/min。

• 额定电压：在电动机设计时所规定的电压，也表示最高的使用电压。

• 额定转矩：在电动机设计时所规定的转矩，也表示最大的使用转矩。

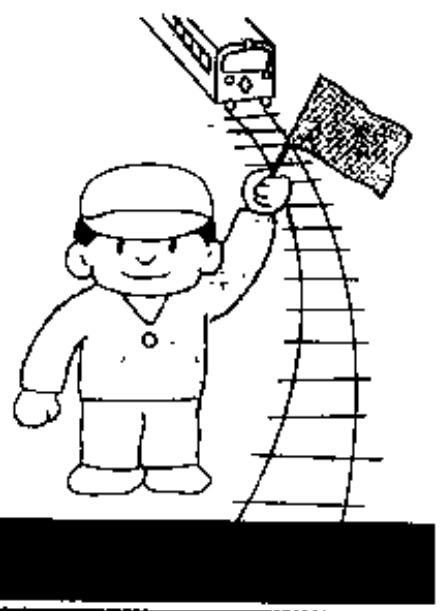
练习题

1. 要使模型电车停止，有些什么方法？
2. 要检测模型电车的位置，有些什么方法？

解答

1. 基本的方法是切断流向模型电车电动机的电流。
 ① 切断流向轨道线路的电流；
 ② 切断模型电车内流过电动机的电流。
2. 用光传感器、磁性传感器等传感器与限位开关来检测流向轨道线路的电流。

3 铁路模型的控制——简单控制



前面所述的模型电车操作，都是靠人工用开关来操作的。

当模型电车靠近站台，要控制模型电车自动停止时，不用人工直接在车内操作开关，而是用传感器的电信号来检测电车位置。其办法是用继电器（电磁继电器）或晶体管这类器件来解决。现在就来研究使用继电器或晶体管对铁路模型的简单控制（参见图 1）。

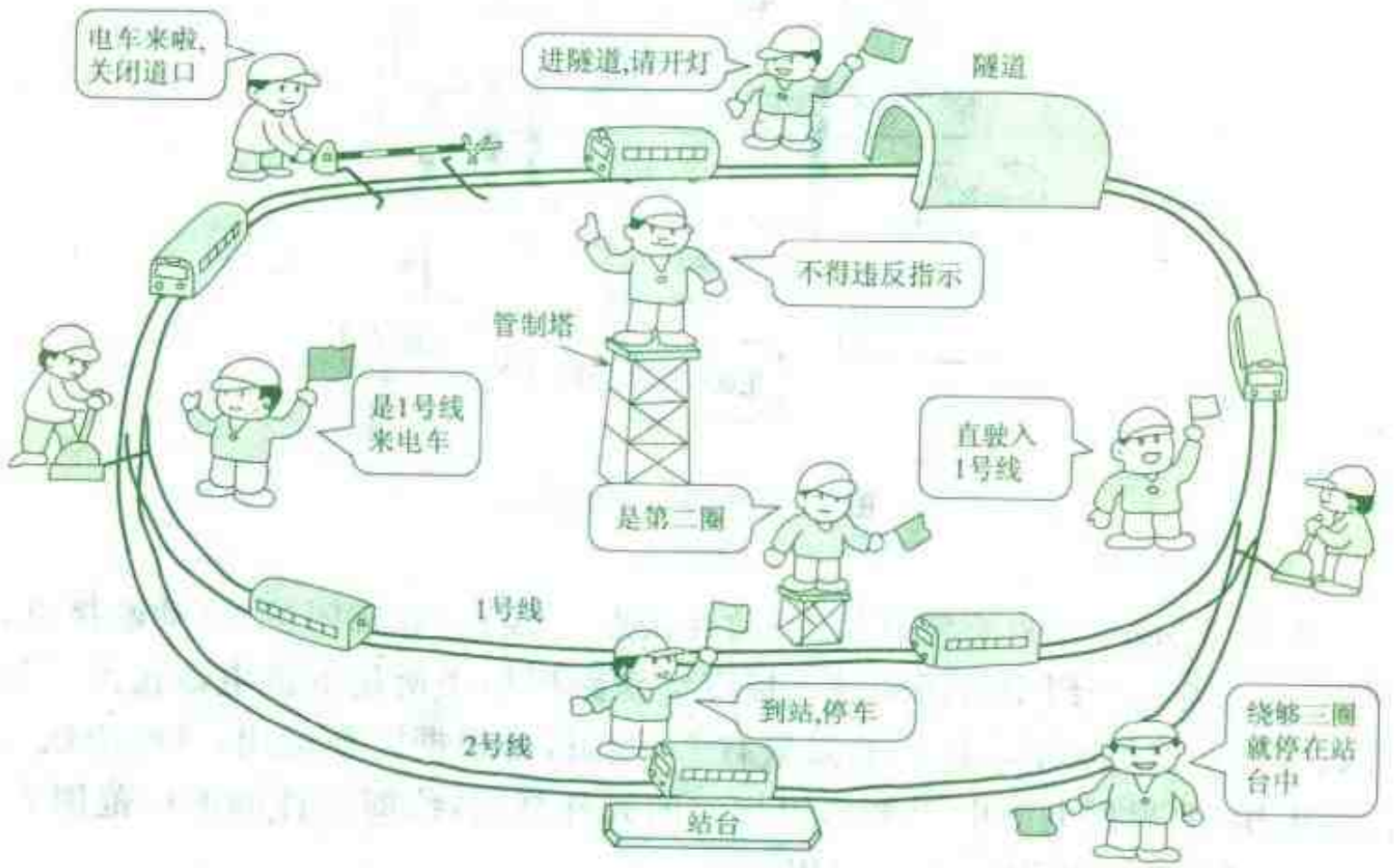


图 1　铁路模型的控制

1　继电器的用途及结构

继电器就是“利用电磁效应使接点接通、断开的接点开关”。铁路模型控制中用的继电器都是小型的，由接点、电磁铁、弹簧等构成（参见图 2）。它的接点是靠弹簧或电磁铁来拉动的。

① 当电磁铁的线圈上没有电流流过时，靠弹簧力使接点处于断开状态；

② 当电磁铁的线圈上流过电流时，电磁铁所产生的磁力就使接点闭合。

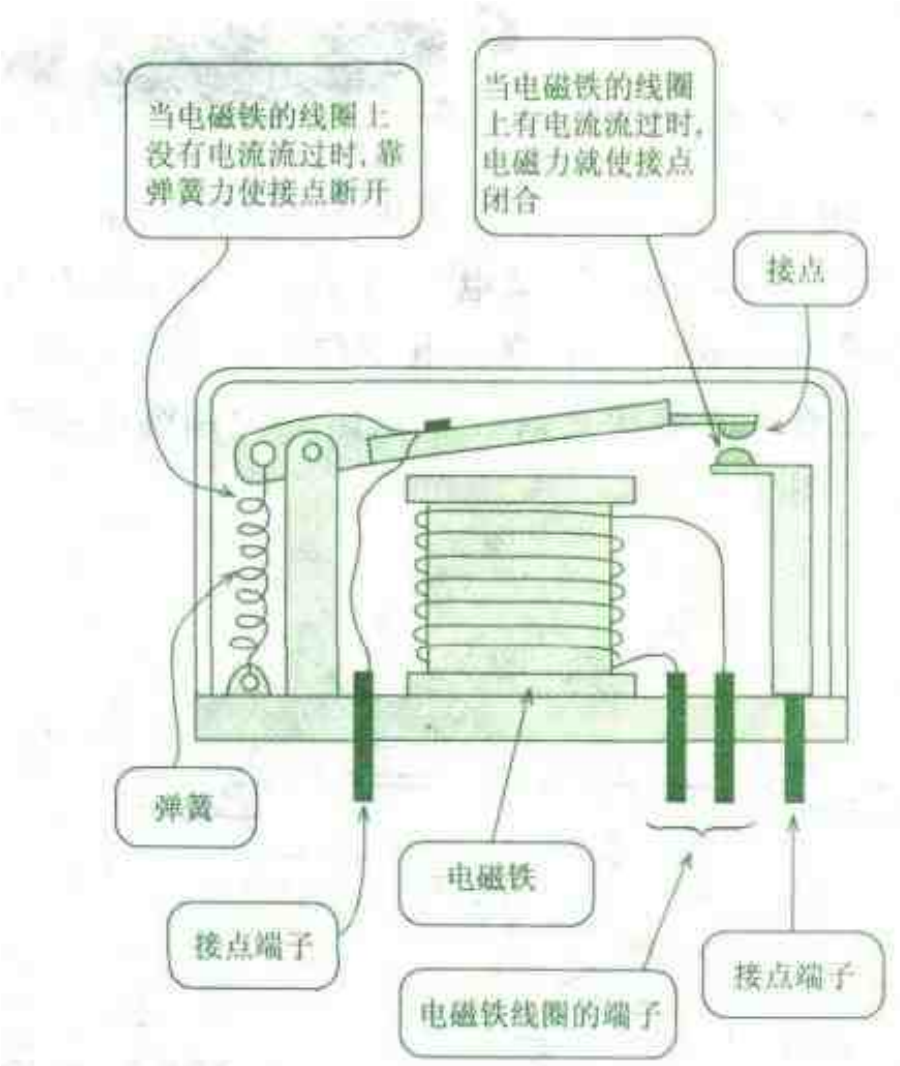


图 2　继电器的基本结构

如图 3 所示，接点有常开接点（动合接点、a 接点）和常闭接点（动断接点、b 接点）。①与②介绍中所用的是 a 接点。铁路模型中所用的继电器接点容量，有数百毫安就足够了。接点的数量有 1～4 组，可根据需要选用。（电磁铁）线圈的电压，要根据电源电压来选用相应的元件规格，线圈元件的电压范围为 5～12V，其额定功耗为 0.2～0.4W。

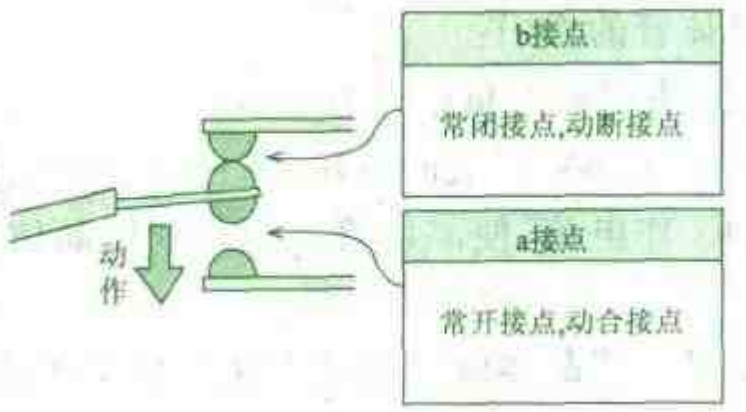


图 3　a 接点与 b 接点

Ⅱ　晶体管的用途及结构

可以把晶体管看作“用电气信号来动作的无接点开关”。

晶体管分为 npn 型和 pnp 型，它由基极、集电极与发射极三个电极构成。这里先介绍常用的 npn 型晶体管。

npn 型晶体管的图形符号如图 4 所示，其外观参见图 5。

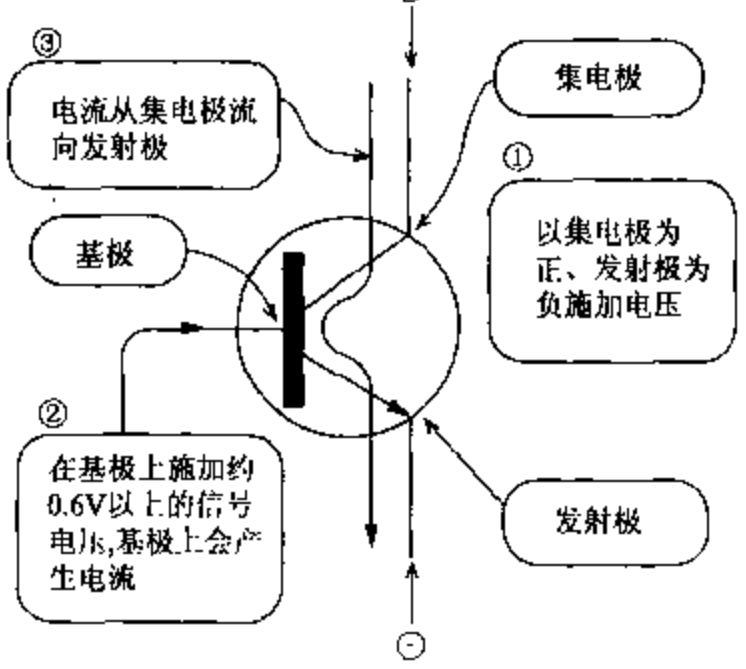


图 4　npn 型晶体管

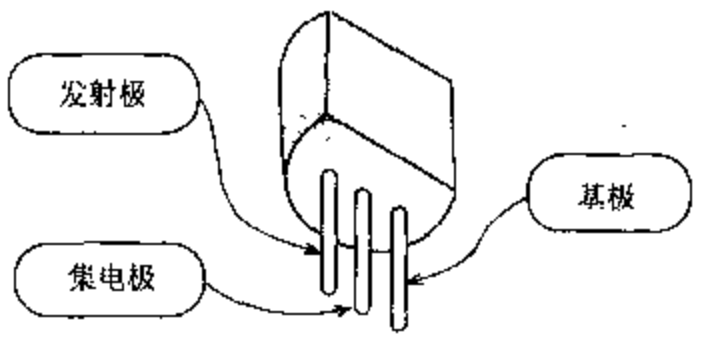


图 5　晶体管外观之一例

下面简单说明晶体管的作用：

① 以集电极为正、发射极为负施加电压；

② 在基极上施加约 0.6V 以上的电压，基极上会产生电流，并从集电极向发射极流过晶体管的工作电流，使晶体管导通。利用晶体管的这一功能，可用它来代替开关使用。

很微小的电流就可以使晶体管导通。若从集电极流向发射极的晶体管工作电流过大，会使晶体管发热，甚至损坏晶体管。

与继电器相比，继电器所需的动作电流，要比晶体管开关所需的工作电流大一些。

11　设计一个铁路模型的简单控制电路

使用继电器和传感器来制作轨道线路与车站站台的控制电路(参见图 6)。其控制动作的要求如下：

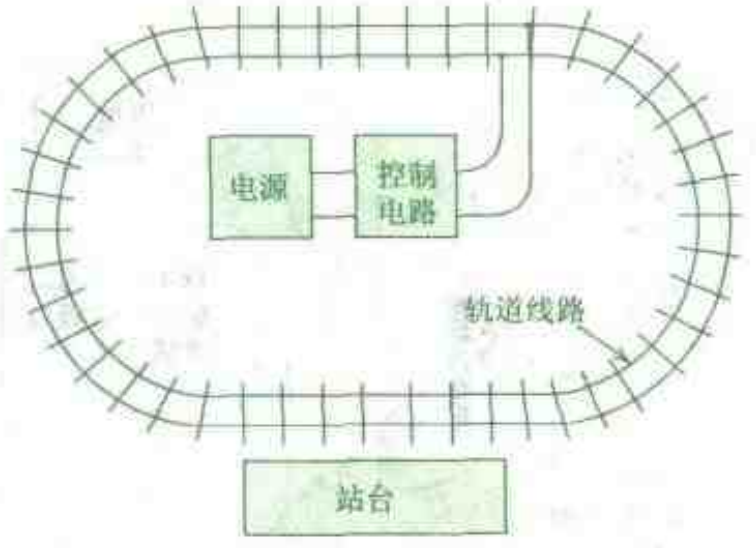


图 6　轨道线路与车站的铺设图

控制-1　用电源、继电器、按钮开关等组装成控制电路，进行配线，设计控制电车行驶与停止的电路。按下按钮开关 1，电车就在轨道上行驶，按下按钮开关 2，电车就停止(参见图 7)。

动作 1：按下按钮开关 1，电流从电源通过按钮开关 1 的接点，流入继电器的电磁线圈，使继电器的接点动作。

动作 2：继电器的接点动作，连接在轨道线路上(继电器)电路的接点闭合，轨道线路接入电源使电车行驶。

动作 3：当松开按钮开关 1 时，因为两个继电器的接点仍然闭合，所以电车

继续行驶。

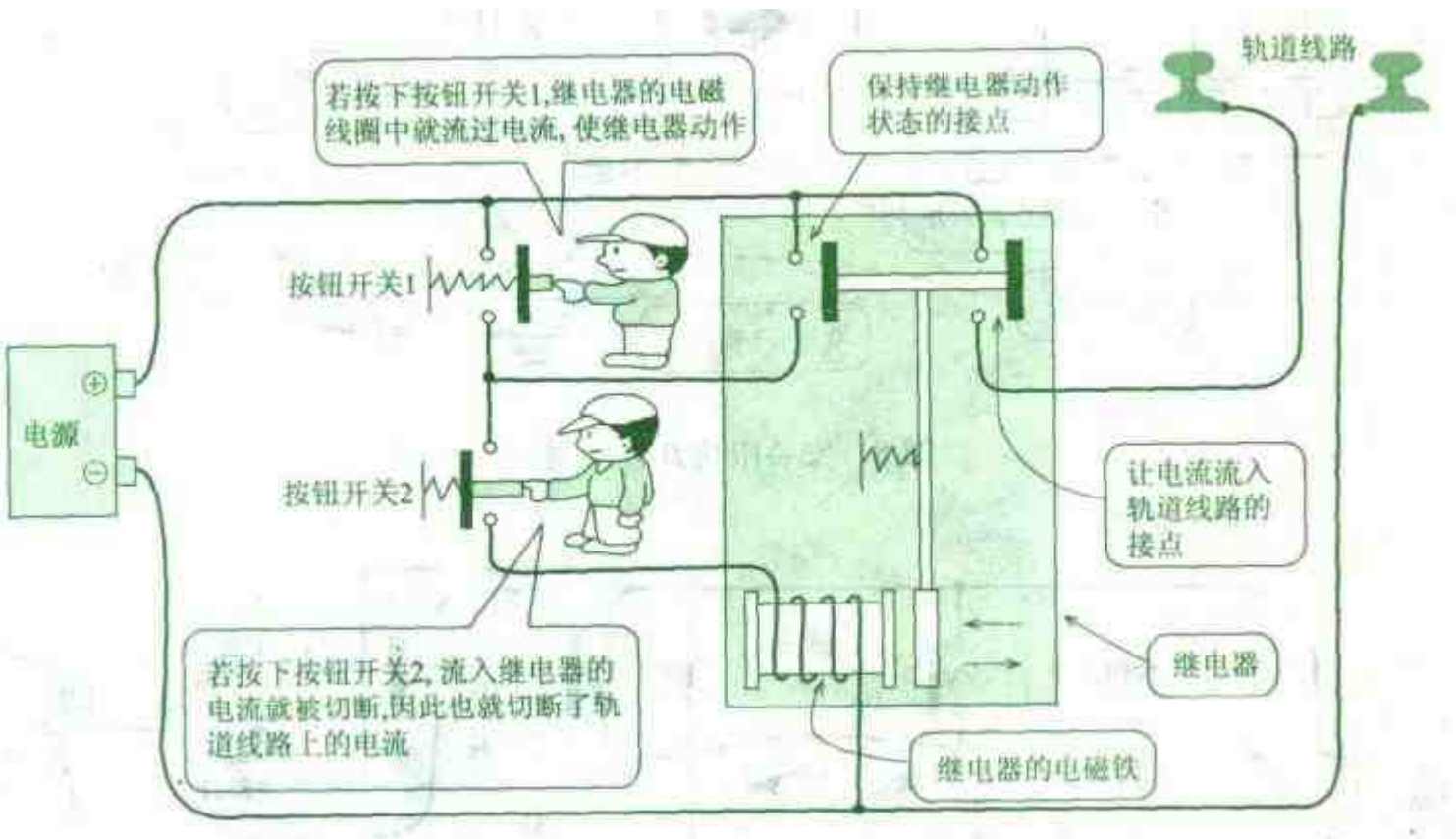


图 7　控制-1 的配线图

动作 4:按下按钮开关 2,断开按钮开关 2 的 b 接点,切断了继电器的电流。即切断流过电动机的电流,模型电车停止。

控制-2　设计按下按钮开关 1,电车就在轨道上行驶;到达站台时,传感器检测到电车进站,就使电车停止在站里的控制电路。

利用"控制-1"的电路(参见图 7),采用传感器的 b 接点来取代按钮开关 2 的 b 接点。若传感器的接点容量太小,可用传感器使继电器动作,利用继电器的接点来操作有关动作。

其动作过程与"控制-1"基本相同。不同的是,使电车停止的方法不是按按钮开关 2,而是当传感器检测到电车,其 b 接点断开,继电器释放,从而使电车停止。

前面介绍过多种传感器,实际上多用使用方法最简单的限位开关。

如图 8 所示,在电车上加装碰块,把限位开关安装在能让电车上的碰块压住的适当位置。

由于限位开关上带有 a 接点与 b 接点,而要取代的是图 7 中按钮开关 2 的 b 接点,所以应当用限位开关上的 b 接点来配线(参见图 9)。

动作:在电车上安装碰块,当行驶中的电车上的碰块压住限位开关就切断轨道线路的电流,使电车停止。

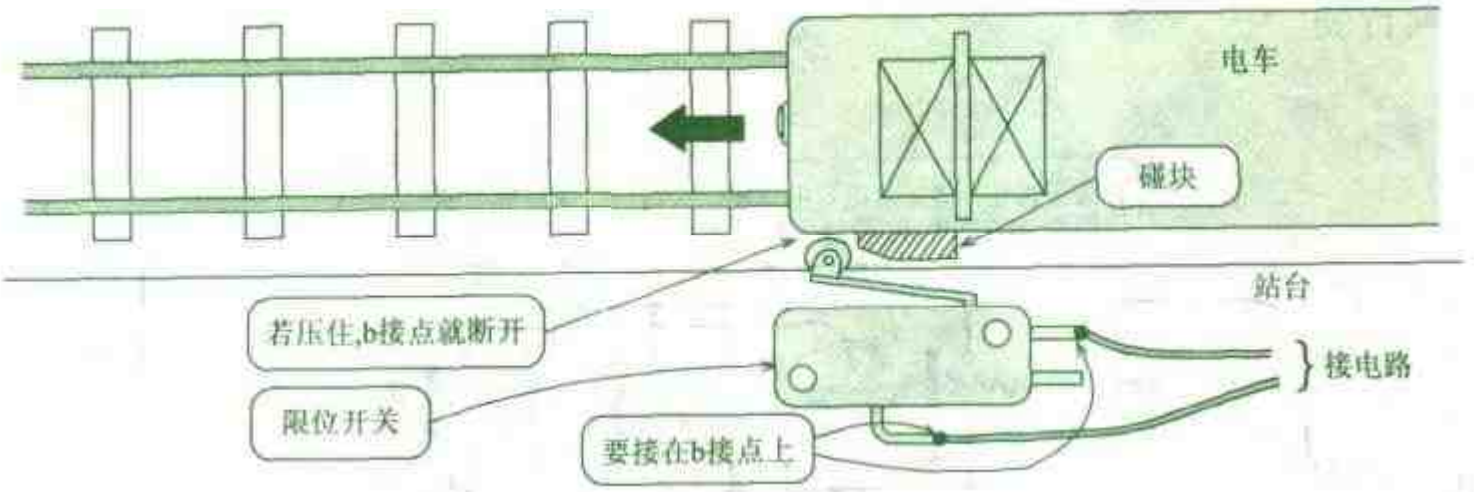


图 8　安装限位开关的例子

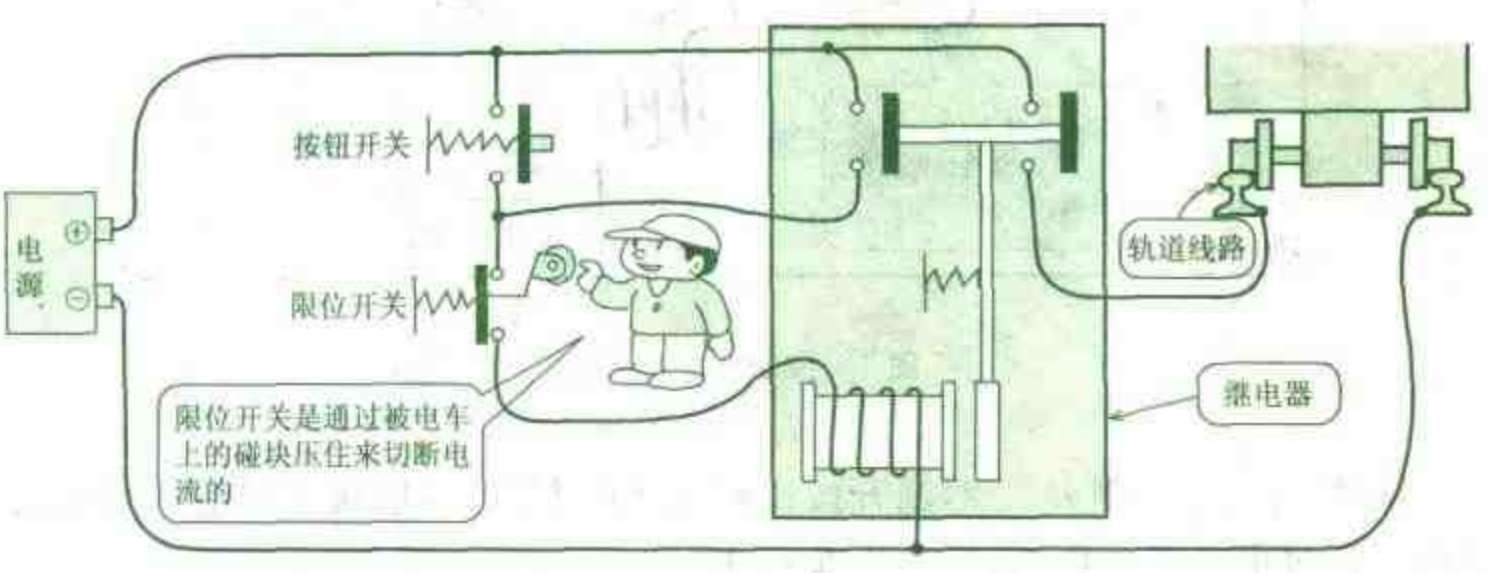


图 9　使用限位开关控制的例子

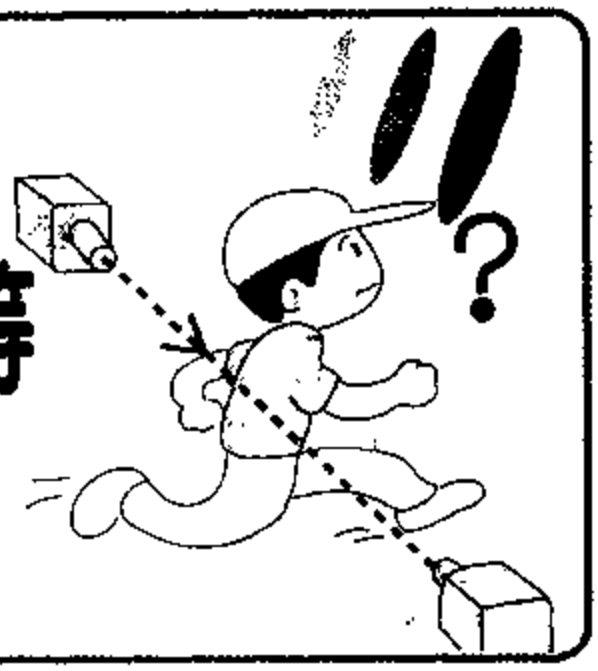
练习题

1. 什么器件是利用电磁效应来使接点接通、断开的?
2. a 接点与 b 接点有何不同?

解答

1. 继电器(电磁继电器)。
2. a 接点在动作时才闭合,未动作时一直保持断开状态;b 接点则相反,在动作时才断开,未动作时一直保持闭合状态。

4 铁路模型的控制——使用定时器等



在铁路模型的轨道线路上，使用定时器与各种传感器，对电车的运行进行各种控制。

1 使电车按规定时间在车站停车

按图 1 所示铺设轨道线路与设置车站线路，并将车站区间内的线路与其他线路用绝缘材料隔离。在进入车站区间之前，用光传感器控制，在车站的中间位置安装限位开关，然后按以下的要求动作来设计控制：

·动作·

① 接通电源开关，按下按钮开关 1，电车就以顺时针方向行驶；

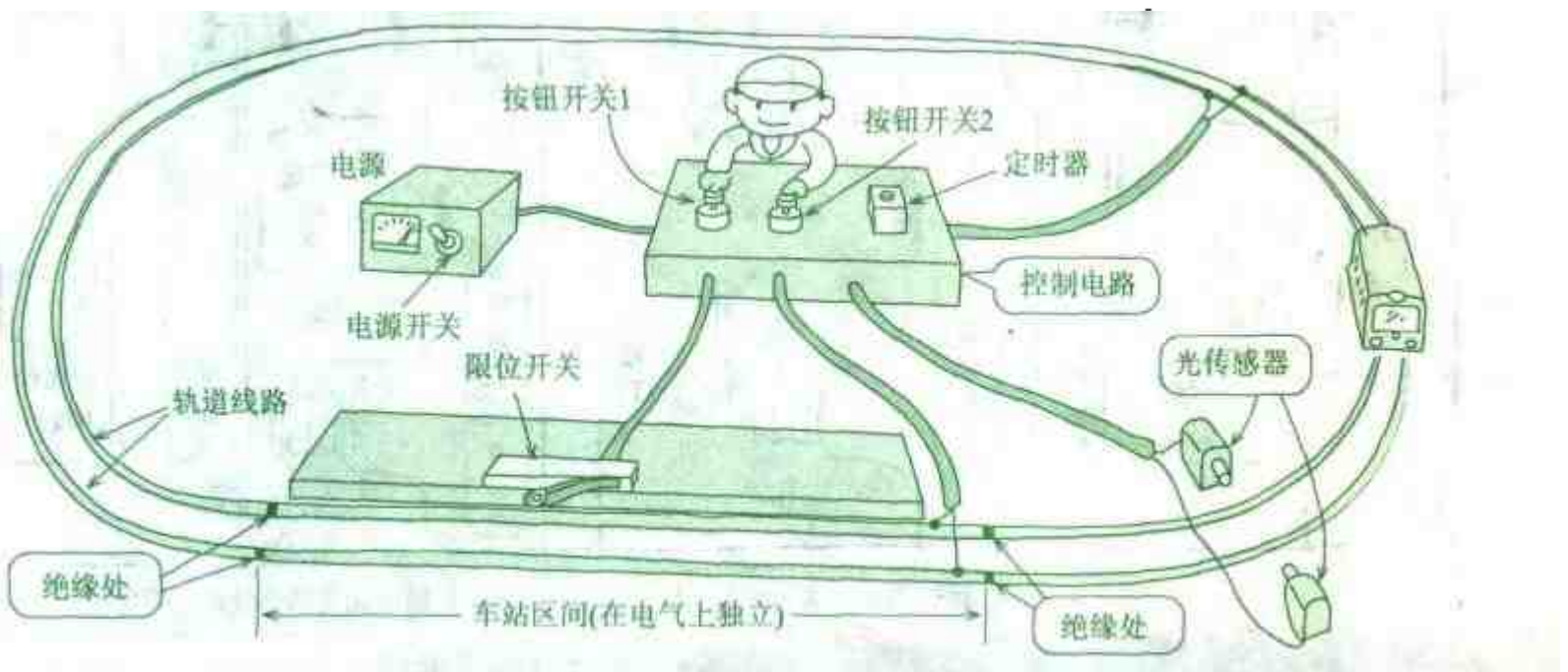


图 1　铁路模型的铺设图

② 电车驶进车站时，用设置在车站边上的光传感器来检测电车的到达，切断施加在车站区间轨道线路上的电源；

③ 电车进入车站区间时，由于惯性的作用虽然电动机电源已被切断，电车仍滑行一段距离才停止；

④ 这时，限位开关可检测到电车的到达，使定时器工作，经过一定时间后，电车就停靠在车站内。

⑤ 到了规定的停车时间，电车就再次开始行驶，重复②、③、④的动作。

⑥ 按下按钮开关 2，电车就停止运行，结束②、③、④、⑤的动作。

· 控制 ·

控制电路的配线，可对下述的动作进行控制（参见图 2）。

① 接通电源开关，若按下按钮开关 1（启动），电流流过电磁继电器 R1，继

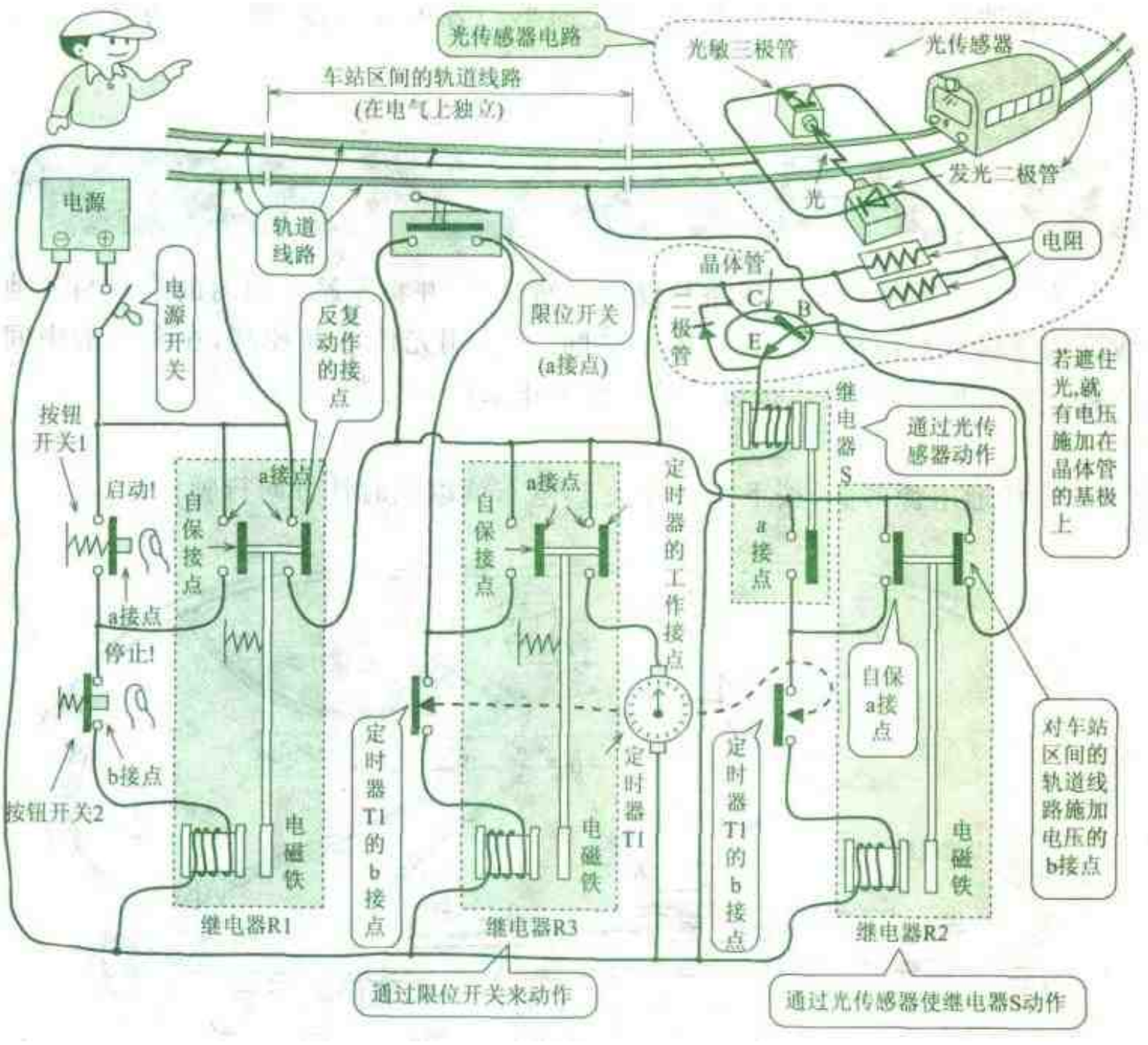


图 2　使用定时器电路的配线实例

电器 R1 动作，使其 a 接点闭合；

② 即使松开按钮开关 1，因与它的接点并联的继电器 R1 的 a 接点已闭合，所以继电器 R1 的电磁线圈中仍然有电流流过（自保）；

③ 继电器 R1 的 a 接点闭合，就有电流流过电磁继电器 R2 的 b 接点，并流入与车站区间的轨道线路相连接的电路，使原来停在车站内的电车开始行驶；

④ 电车驶近车站时，车站边上的光传感器的光被遮挡，于是光传感器的光敏三极管不再导通，电流便流过传感器电路晶体管的基极，使晶体管导通，于是，接在发射极上的继电器 S 的线圈通电，使其接点动作；

⑤ 继电器 S 的 a 接点闭合，继电器 R2 的线圈就流过电流，使其接点动作；

⑥ 继电器 R2 的 b 接点断开，切断了施加在车站区间轨道线路上的电源；

⑦ 电车行驶到离开光传感器部位时，就有光照射到光传感器光接收端，继电器 S 的 a 接点就断开，因与它并联的继电器 R2 的 a 接点闭合，所以继电器 R2 的电磁线圈中仍然有电流流过（自保持）；

⑧ 由于电车进入车站，当电车上的碰块压住限位开关时，继电器 R3 的线圈就流过电流，使其接点动作；

⑨ 继电器 R3 a 接点闭合，它所连接的定时器 T1 流过电流使定时器动作；

⑩ 因电车行驶，就离开了限位开关的位置，限位开关上的接点会立即断开，但是由于与它并联的继电器 R3 的 a 接点闭合，所以继电器 R3 的电磁线圈中仍然有电流流过（自保持）；

⑪ 到了定时器 T1 设定的规定时间，则定时器 T1 动作；

⑫ 定时器 T1 的 b 接点断开，与它连接的继电器 R2 的线圈就断电，解除了继电器 R2 线圈的自保持，使继电器释放；

⑬ 于是与车站区间的轨道线路相连接的定时器 R2 的 b 接点恢复，使轨道线路接通电源，电车又开始行驶；

⑭ 与继电器 R3 相连接的定时器 T1 的 b 接点断开，继电器 R3 解除自保持，与定时器 T1 相连接的继电器 R3 的 b 接点也断开，使定时器 T1 停止工作；

⑮ 电车驶近车站时，就重复进行④～⑭的动作；

⑯ 按下按钮开关 2，解除继电器 R1 线圈的自保持，使继电器释放，停止重复进行的动作。

Ⅱ 使电车在轨道上行驶三圈再停止

利用图 1 所示的铁路模型，设计如下所述的动作：

·动作·

① 接通电源开关，按下按钮开关 1，电车驶出车站；

② 电车行驶一圈，被装在车站边上的光传感器检测到；

③ 根据光传感器发出的信号，用计数电路来计算电车行驶圈数，若接收到第三圈的信号，就发出让电车停止运行的信号；

④ 切断供给车站区间轨道线路的电源，使电车停在车站上，动作结束。

·控制·

根据图 3 所示电路的配线图来加以说明。

在Ⅲ中所介绍过的“用按按钮开关 1(a 接点)”来发车，用“按按钮开关 2(b 接点)”来停止的电路中，用继电器 S 的 b 接点来取代“按钮开关 2”的 b 接点，继电器 S 的 b 接点则是通过“判断电车通过次数的计数电路”来动作的。

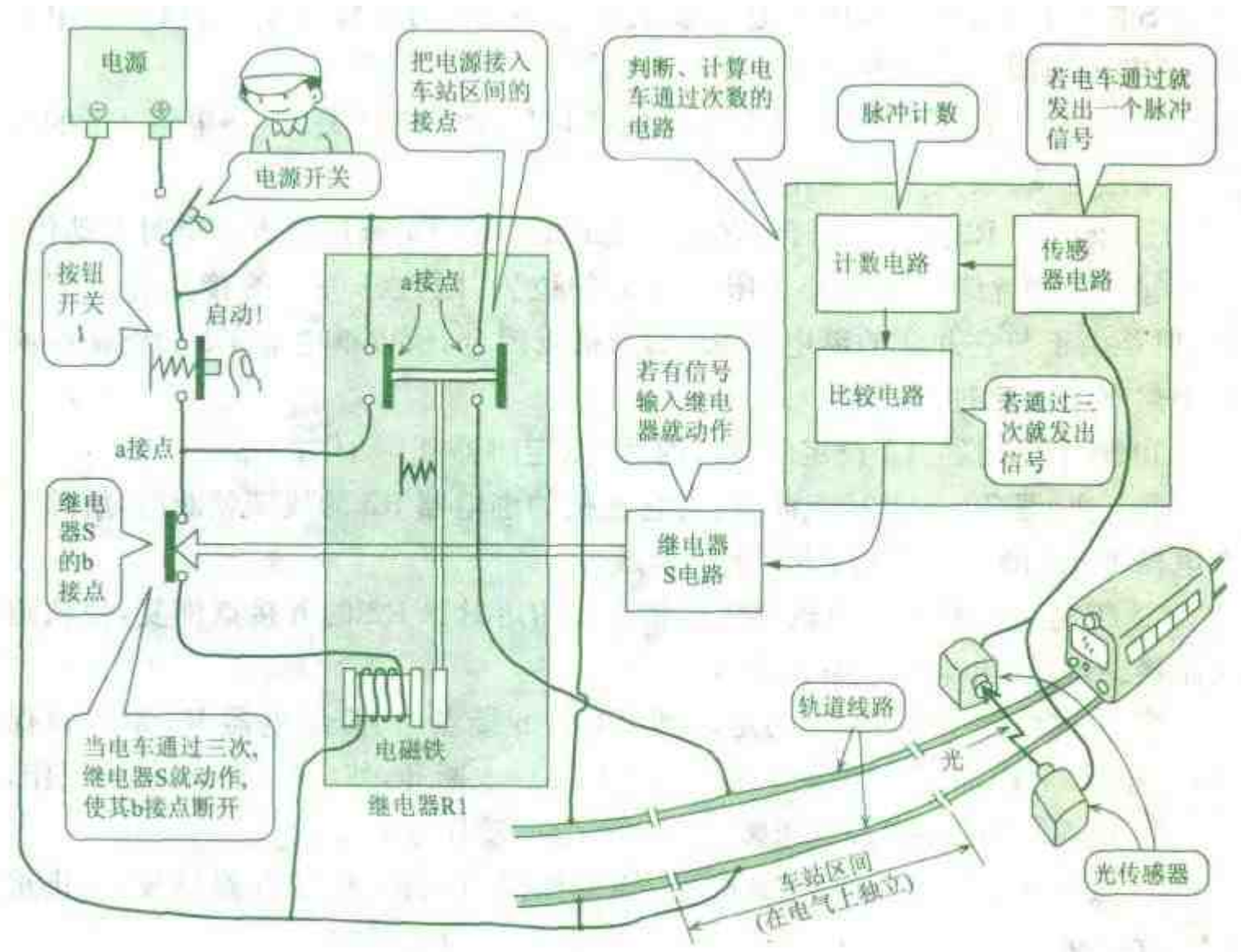


图 3　行驶三圈停止的电路配线图

① 接通电源开关，按下按钮开关 1(a 接点)(启动)，继电器 R1 动作；

② 继电器 R1 的两个 a 接点闭合，使继电器 R1 自保而将其线圈接到电源，电车开始行驶；

③ 利用装在车站边上的光传感器来检测电车的通过情况，并且向“电车通过次数的计数判断电路”发出脉冲信号(⎍)；

④ 电车通过三次(输入三个脉冲信号)时，“电车通过次数的判断电路”就使附属继电器 S 动作；

⑤ 继电器 S 的 b 接点断开，使继电器 R1 释放；

⑥ 继电器 R1 的 a 接点恢复，切断轨道线路的电源，使电车停止，继电器 R1 也解除自保持。

现在，简单介绍一下图 3 中计数电路与比较电路的原理。

① 将两个触发器电路(FF 电路)和与(AND)电路按图 4 连接；

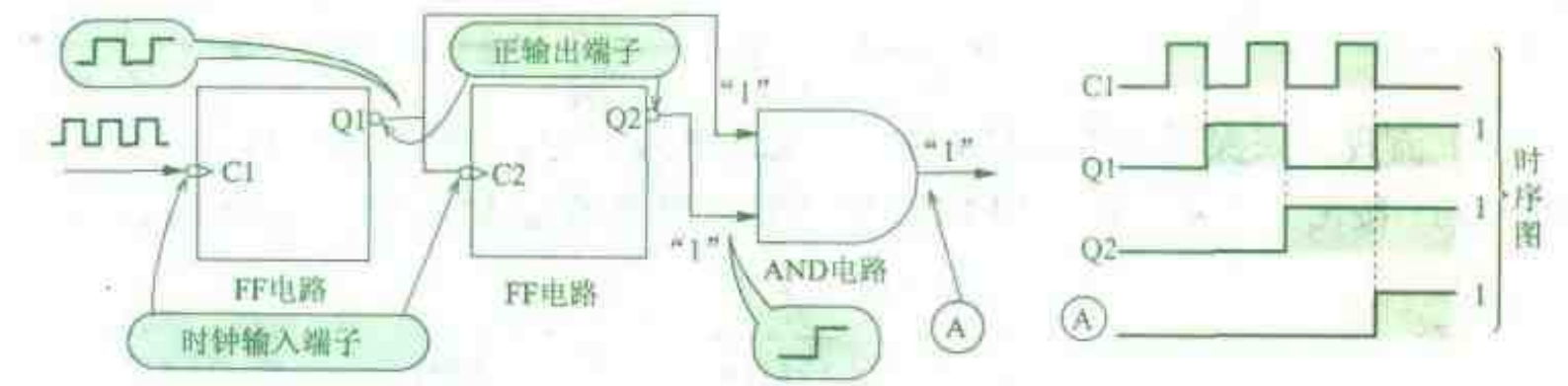


图 4　计数电路与比较电路举例

② 若 FF 电路的时钟输入端子 C1 输入两个脉冲(⎍⎍)信号，输出端子 Q1 就输出一个脉冲(⎍)信号。

③ FF 电路的时钟输入端子 C1 输入三个脉冲信号时(绕三圈时共计三个脉冲)，FF 电路的两个输出端子 Q1、Q2 均输出“1”信号(相当于 FF 电路构成的计数器)。

④ 当输出端子 Q1、Q2 的输出信号“1”输入 AND 电路时，AND 电路就输出信号“1”(AND 电路相当于比较电路)。

⑤ 将这一 AND 电路的输出信号输入到继电器电路，使继电器 S 动作。

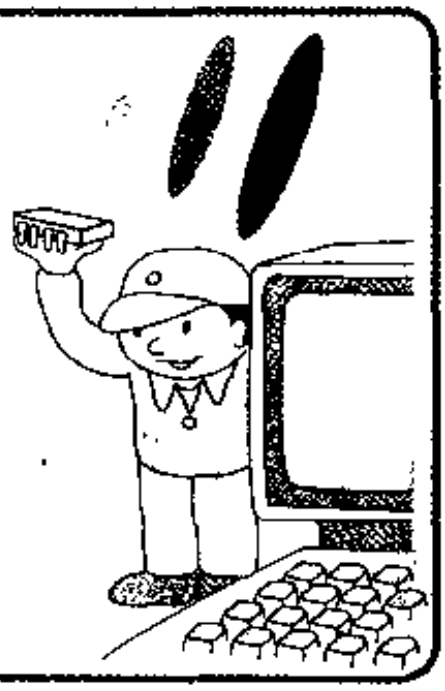
练习题

1. 使电车在车站内按规定的时间停车，需要什么控制装置？
2. 使电车沿环形的轨道线路行驶指定的圈数，需要用什么控制电路？

解答

1. 主要的控制装置是定时器。
2. 主要的电路是“计数电路”和“比较电路”。

5 微机控制(1)——用发光二极管确认输出



下面我们来探讨使用微机对实际机械的控制，将微机输入输出口与发光二极管(LED)按图 1 所示连接。用 LED 的点亮和熄灭来确认微机输出信号的状态。

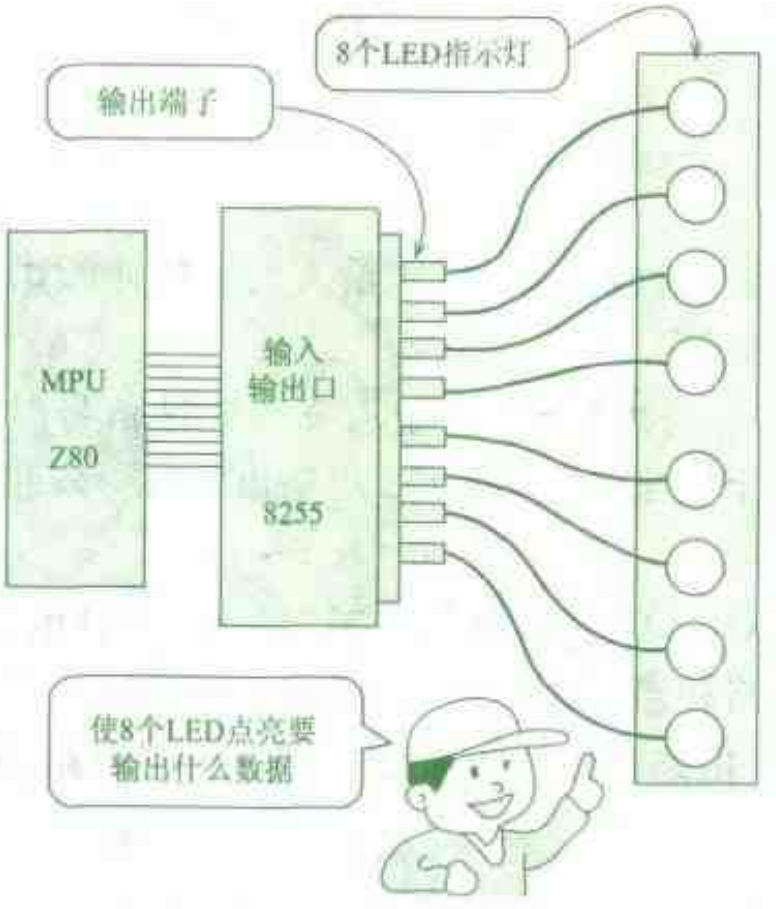


图 1　带有 LED 指示灯的微机

1 微机与 LED 的连接

以 Z80 MPU(微处理器)作为微机，用 8255 作为输入输出口来进行说明。

① 输入输出口输出信号的电气特性为：

信号“1”：　　电压 2.4～5V

(High,高电平)　　电流 −0.2mA

信号“0”：　　电压 0～0.4V

(Low,低电平)　　电流 1.7mA

(以电流流入输入输出口的方向为正方向。)

② LED 的电气特性为(红色 TLR 113(东芝))：

电压　标准　　2.1V

正向　最大　　2.8V

电流　推荐工作电流　　10～15mA

最大工作电流　　20mA

由①、②可知，用 8255 输入输出口的输出信号的电流是不能使 LED 点亮的。要用晶体管(参见图 2)或逻辑电路 IC(参见图 3)来放大电流。

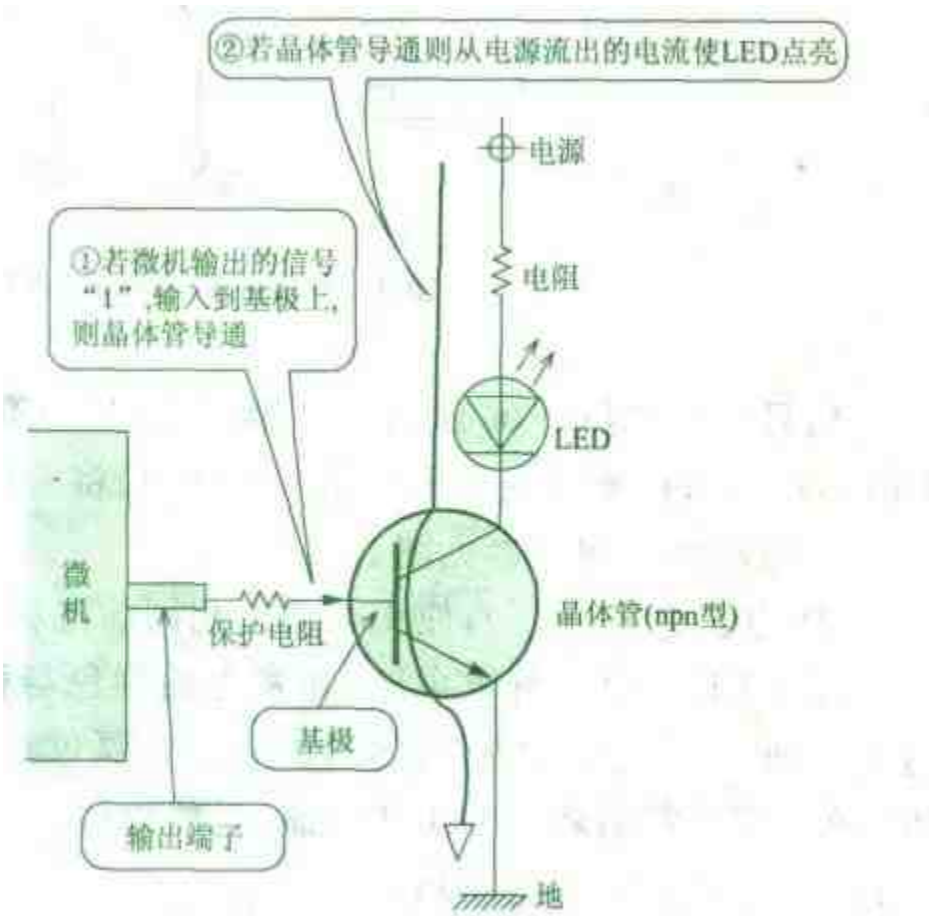


图 2　通过晶体管使 LED 点亮

现在来说明图 2 所示电路的工作原理。将从微机输出的信号“1”(2.4～5V,0.2mA)输入到晶体管的基极上，晶体管导通，电流使 LED 点亮；而输出为信号“0”(0～0.4V,1.7mA)时，晶体管就阻断，电流被切断，LED 熄灭。

图 3 所示是采用 IC 逻辑电路，由微机来控制 LED 点亮的电路例子。

IC 电路用反相电路(反相器)IC(74LS04)的输出信号的电气特性如下：

信号“1”：　　电压 2.4～5V

(High,高电平)　　电流 −0.4mA

信号“0”：　　电压 0～0.4V

(Low,低电平)　　电流 8mA

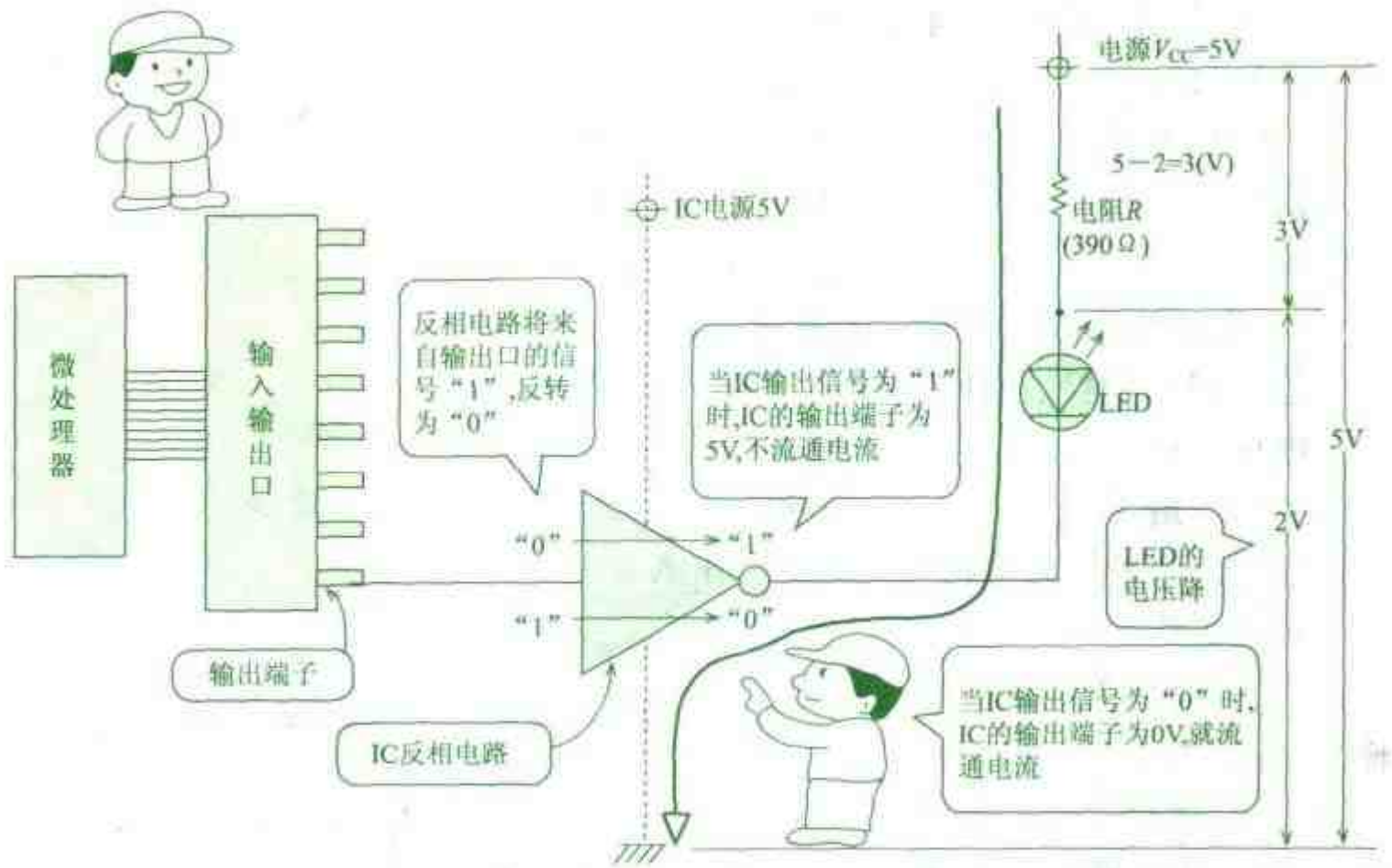


图3 使用逻辑电路的LED电路

信号为“1”时(−0.4mA),不能使LED点亮,而信号为“0”时(8mA)能使LED点亮,所以要用反相电路IC(74LS04)将来自微机的信号“1”反转为“0”。

·电路的说明.(参见图3)

① 电源电压(V_{CC}),使用与微机相同的电压5V;

② LED点亮的标准电压,随发光的颜色与种类的不同而不同,大约为2V左右。推荐的工作电流,也是随发光的颜色与种类的不同而不同,为10～20mA。用推荐值之外的工作电流,虽然也能点亮,若小于推荐值就会降低发光强度,大于推荐值则会发热;

③ 电路中的电阻,按以下方法求得:

设电源电压为5V,若LED上的电压为2V,则至少必须有5−2=3(V)的电压降加在电阻上。由于IC的关系,流过LED上的电流要在8mA以下,所以应当按下式来求电阻值:

$$R=\frac{3\text{V}}{0.008\text{A}}=375\Omega$$

因此,应使用市售的390Ω(1/4 W)电阻。

电路连接的路径为从电源到390Ω的电阻,从LED到反相电路输出端子,从IC输入端子到微机的输出端子。

Ⅱ　将程序输入微机，使 LED 点亮

将微机用于输入输出的 B 口作为输出口，并将管脚与图 3 中的 LED 电路连接(参见图 4)

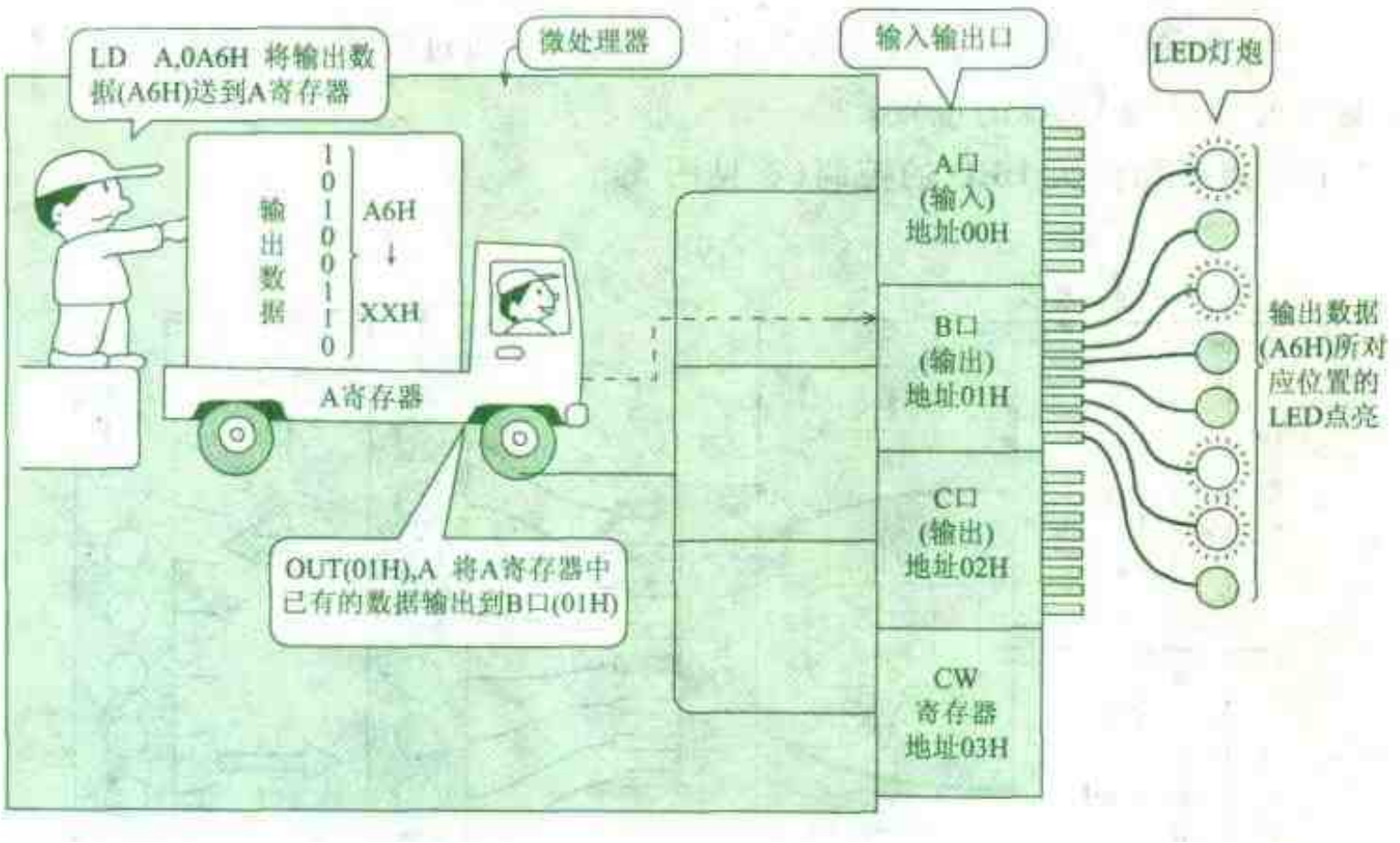


图 4　将A寄存器中的数据送到输出口

(1) 点亮不同的灯泡

<程序>

	助记符	操作数	操作地址	机器码
1	LD	A,90H	0000	3E 90
2	OUT	(03H),A	0002	D3 03
3	LD	A,XXH	0004	3E XX
4	OUT	(01H),A	0006	D3 01
5	HALT		0007	76

·说明·

第 1 行 将 A 口作为输入口，B 口、C 口作为输出口的操作数(CW＝控制字＝90H)输入 A 寄存器；

第 2 行 将 A 寄存器中的控制字送到 CW 寄存器暂存，03H 表示 CW 寄存器的地址码；

第 3 行 将输出数据(XXH)送入 A 寄存器，XXH 是用两位十六进制数，对应八个输出端子为“1”的位置；

第 4 行 将 A 寄存器中的数据输出到 B 口(地址码为 01H)；

第 5 行 程序结束。

＊ 数字后面的 H 表示该数为十六进制数。通过改变输出数据 XX，就可改变所要点亮的 LED 的位置。

(2) 点亮和熄灭 LED 的控制(参见图 5)

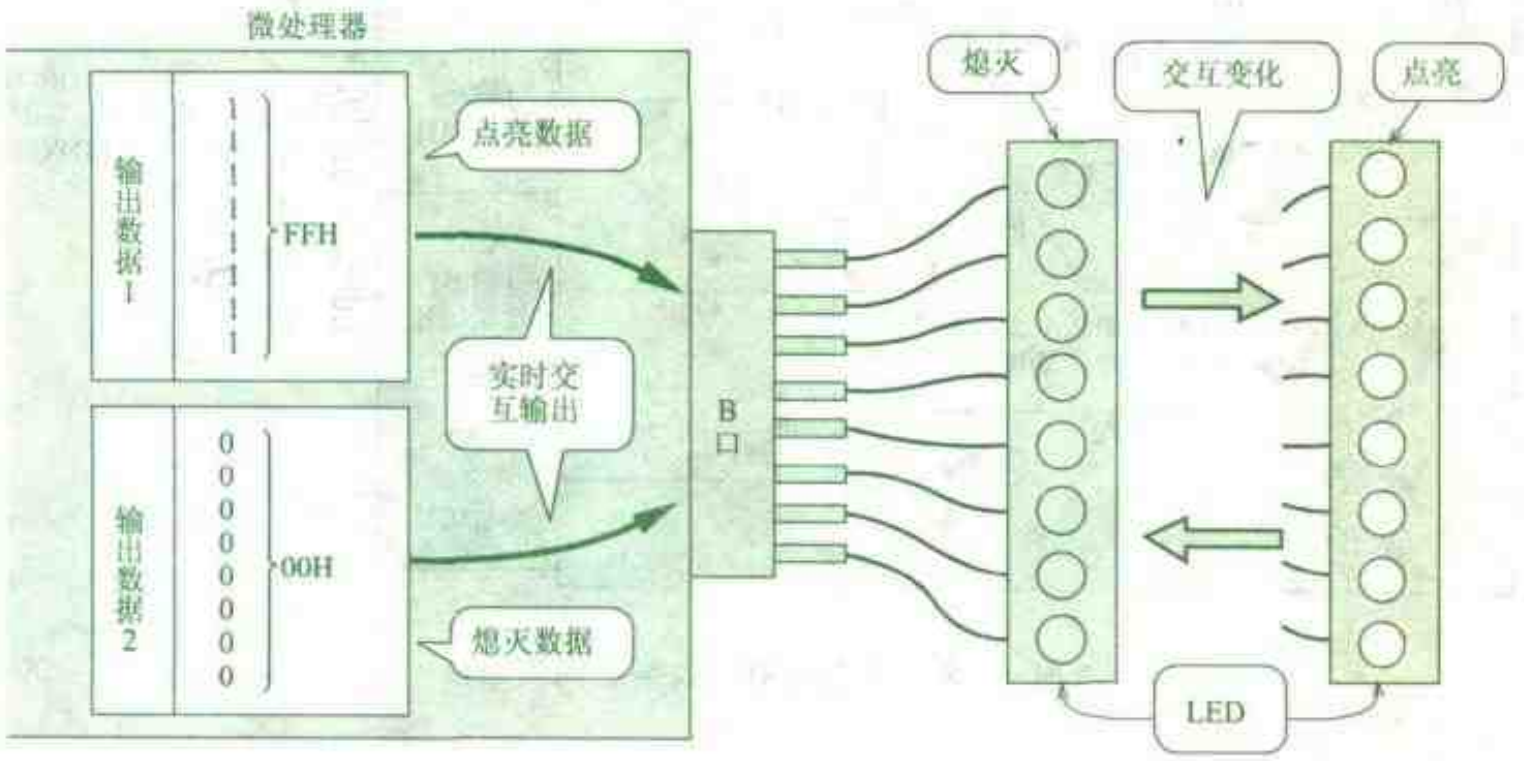


图 5　点亮和熄灭 LED 的组合

<程序>

	助记符	操作数	操作地址	机器码
1	LD	A,90H	0000	3E 90
2	OUT	(03H),A	0002	D3 03
3	LD	A,XXH	0004	3E XX
4	OUT	(01H),A	0006	D3 01
5	延时程序(子程序)			
6	LD	A,YYH	0009	3E YY
7	OUT	(01H),A	0011	D3 01
8	延时程序(子程序)			

9	JP	3	0011	C 30400
10	HALT		0015	76

·说明·

第 1、2、3、4 行　与(1)相同；

第 5、8 行　延时程序在一定的时间内，仍然保持指令的输出状态(将在后面说明)；

第 6、7 行　与第 3、4 行相同，只是输出数据的不同；

第 9 行　将程序跳回第 3 行的循环指令；

3、4 行与 6、7 行点亮和熄灭的时间是以微秒(即 10^{-6}s)为单位的。以微秒为单位的数据发生变化(LED 的点亮位置也起变化)，肉眼是看不见的。因此，在点亮与熄灭的程序中若不插入延时程序，在以微秒计的点亮与熄灭过程中，肉眼所看到的还是原来点亮的状态。以 1/100 秒点亮和熄灭的日光灯就可说明其中道理。

交通信号的控制，是以绿、黄、红的顺序来控制所需的点亮与熄灭时间的，要连接三组输出数据的程序(3、4 行与 6、7 行)，必须在中间插入相当于点亮时间的延时程序，然后再执行程序的循环。

点亮与熄灭的组合

① 全部点亮时的输出数据输出口的八位全部输出为“1”，所以用十六进制数是[FFH]；

② 全部熄灭时的输出数据输出口的八位全部输出为“0”，所以用十六进制数是[00H]；

③ 将[FFH]与[00H]交互输出，就可以使全部 LED 反复地点亮和熄灭。

将[FFH]与[00H]输入到上述(2)所列程序的输出数据[XXH]与[YYH]处。

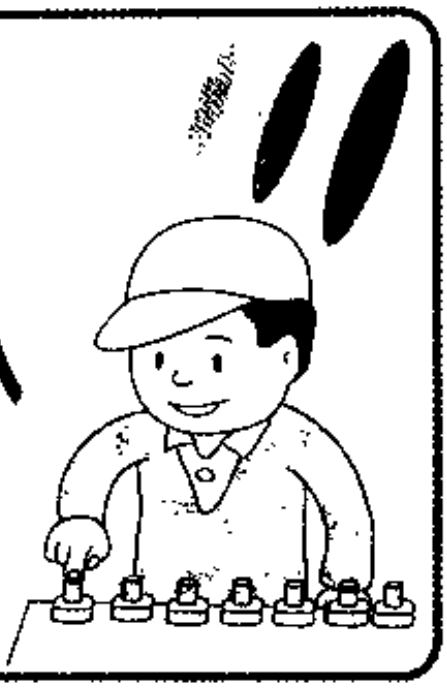
练习题

1. 在图 3 的 LED 点亮电路中，为什么要用反相电路？
2. 在(2)的程序中，要使输出端子的第 0、2、4、6 位的 LED 点亮，其输出数据应当是多少？

解答

1. ①电流放大；②在一般的 IC 中，用“0”能处理的输出电流要比用“1”的大，所以要使用反相电路 IC 来将微机输出的信号“1”反转为“0”。
2. 55H。

6 微机控制(2)——用按钮开关来输入



在微机输入[1]中，考虑使用按钮开关，是因为按钮开关的动作与作为输入设备的限位开关等机械接点是相似的，即动作就闭合(ON)，不动作就断开(OFF)。

I　将按钮开关连接到微机上

如图 1 所示，将按钮开关连接到输入口的各个端子上(见照片 1)。

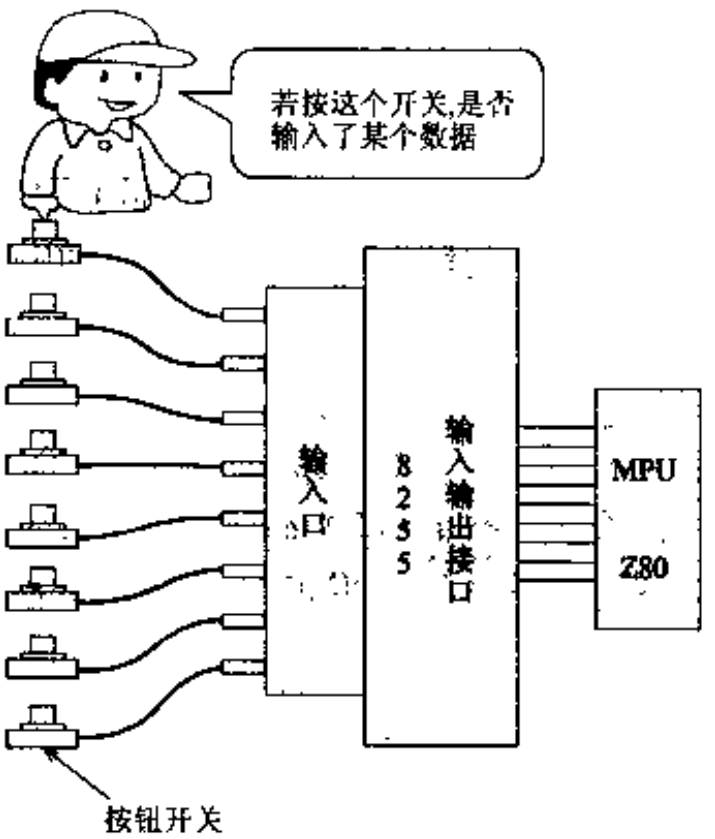
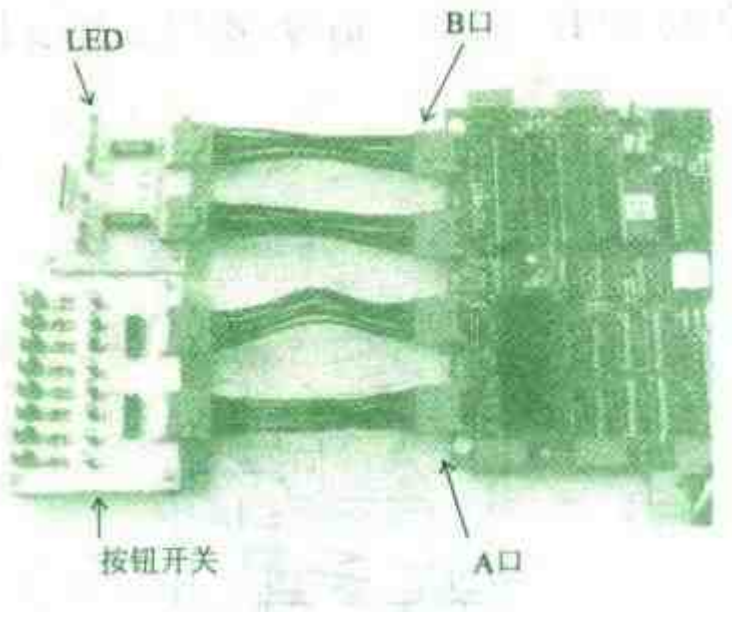


图 1　配置按钮开关的微机

1)　原文误为输出　——译者注



照片 1　LED 与开关连接的例子

输入信号的电气条件(用 8255 作为输入输出口时)：

输入信号“1”：　　电压 2～5V

(High,高电平)　　电流 ±10μA

输入信号“0”：　　电压 −0.5～0.8V

(Low,低电平)　　电流 ±10μA

($1\mu A = 10^{-6} A$)

电流±10μA,几乎等于没有电流,只要施加 2～5V 或−0.5～0.8V 的电压就可以工作了。

将按钮连接到微机上时,一定要用带弹簧的自复位按钮,即松开手,接点就断开的按钮。由于弹簧的作用,在按钮按下与松开的 10～100ms 时间内,其接点会有时通时断的反复 ON/OFF“抖动”(参见图 2)。

由于微机是以微秒(10^{-6}s)为单位来运行的,反复通断的噪声也会被当作信号输入微机而造成干扰,所以必须消除抖动。抖动的时间间隔因按钮型号的不同而有所不同。为了消除抖动的影响,使用如图 3 所示的积分电路与施密特触发电路(IC)。这种消除了抖动的电路,可以将按钮开关接到微机上。

·电路说明·

① 积分电路中,由于电容器在达到饱和之前的充电吸收,从而将抖动部分变成了平滑的曲线。在饱和之前,根据电容器的电容 C 与电阻 R_1 的值来决定。因抖动时间是 10～100 ms,所以只要饱和时间大于这一抖动时间,就可确定电容 C 与电阻 R_1 的值。

② 施密特触发电路的作用是,将这一平滑的波形变换为方波输入到微机,并且,由图 3 电路可知,按下按钮开关,就有低电平(Low:“0”)输入到 IC 中。

由于微机要求输入高电平(High:"1")信号,所以要用有反相功能的施密特触发电路 IC。

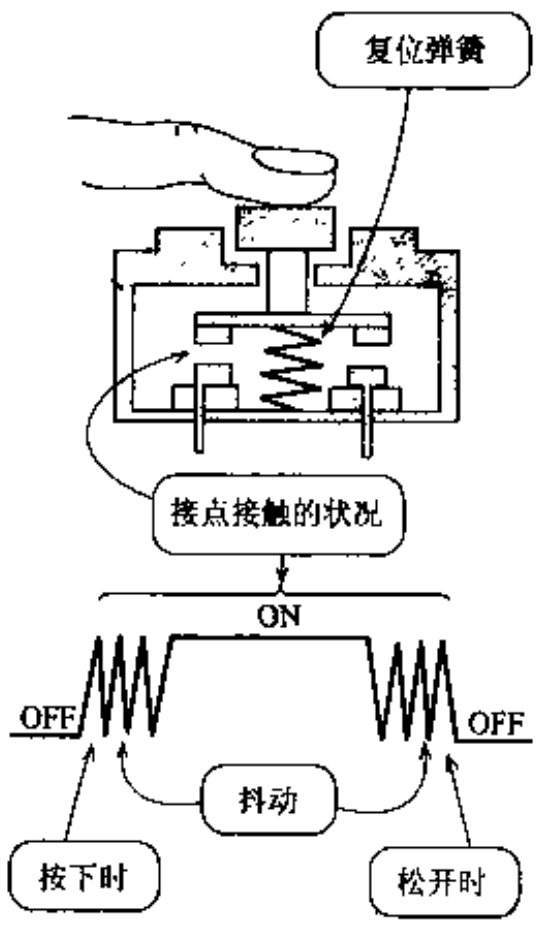


图 2　接点的抖动

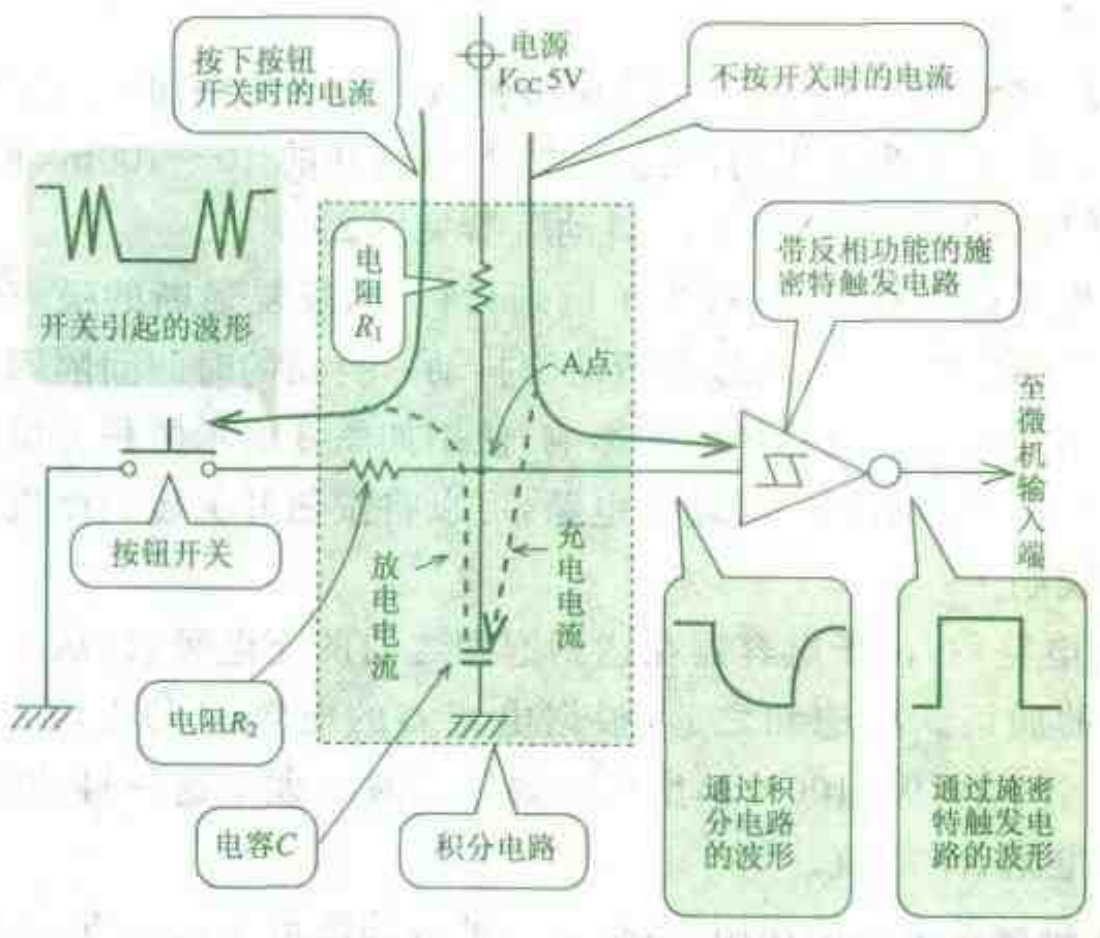


图 3　按钮开关的电路例子

·电容、电阻的计算·

电容器的电容 C 与电阻 R_1 之乘积称为时间常数，此值约等于电容器充电饱和时间的 70%，只要使这个时间常数大于抖动的时间就可以了。

① 设时间常数为 50ms(0.05s)；

② 电阻 R_1 的值应当是，在未按下按钮开关时，施加在施密特触发电路 IC(74LS04)上的电压信号为“1”(2.7～5V)。此时的最大电流为 20μA，电阻 R_1 为：

$$R_1 < \frac{5\text{V} - 2.7\text{V}}{0.000\ 02\text{A}} = 115\ 000\Omega = 115\text{k}\Omega$$

当 $R_1 < 115\text{k}\Omega$ 时，IC 就能接收信号“1”的输入，考虑到与时间常数的关系，现设 $R_1 = 4.7\text{k}\Omega$；

③ 电容 C 等于时间常数除以电阻 R_1 所得的值

$$C = \frac{0.05\text{s}}{4\ 700\Omega} = 0.000\ 01\text{F} - 10\mu\text{F}$$

④ 电容器的放电时间由电阻 R_2 来决定，电阻 R_2 的值，应当能让 IC 在 A 点处接收信号“0”的输入电压(0.4V 以下)，电源电压 V_{CC} 5V，A 点的电压与电阻 R_1、R_2 的关系为：

$$V_{CC}/V_A = (R_1 + R_2)/R_2$$

$$V_{CC} \cdot R_2 = (R_1 + R_2) \cdot V_A$$

$$R_2 \cdot (V_{CC} - V_A) = V_A \cdot R_1$$

$$R_2 = \frac{V_A \cdot R_1}{V_{CC} - V_A} = \frac{0.4 \times 4\ 700}{5 - 0.4} = 408.7(\Omega)$$

由于 A 点的电压为 0.4V 时，电阻 R_2 是 408.7Ω，所以 A 点的电压为 0.4V 以下时，电阻 R_2 也应小于 408.7Ω。考虑到与时间常数的关系，R_2 使用近似值 330Ω 比较合适。

这样，施密特触发电路 IC 与微机输入口的电气连接就没有问题了。

Ⅱ 微机输入输出关系的探讨

如图 4 所示，在微机的输入口(A 口)上连接按钮开关，在输出口(B 口)上连接 LED，下面探讨输入输出的关系。

·动作 1·(参见图 4 及流程图)

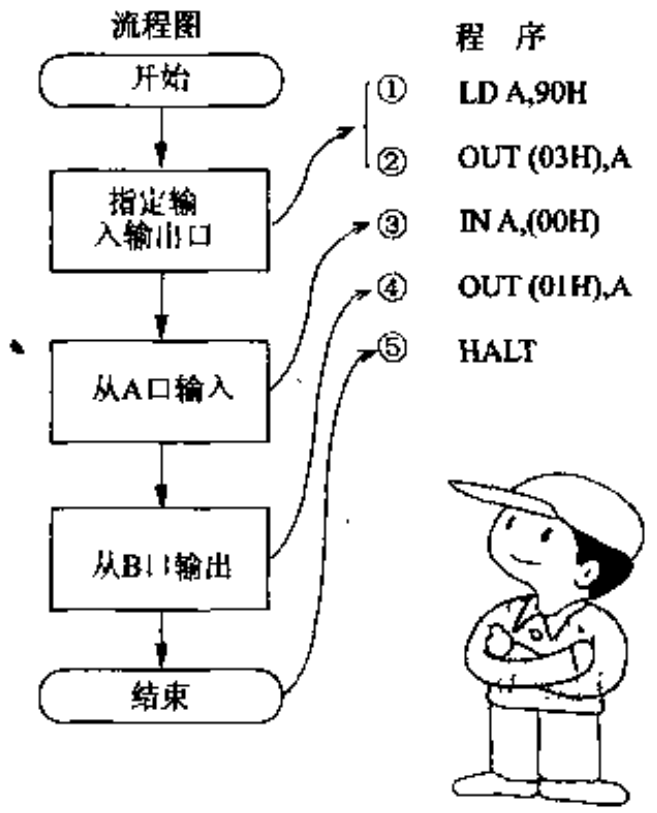
按下按钮开关，使同一位的 LED 点亮。

·程序说明·

① 设 A 口为输入口，B 口为输出口，将 CW 寄存器所需的数据(CW＝控制字＝90H)输入到 A 寄存器；

② 将 A 寄存器中的数据存放到 CW 寄存器(地址 03H)中；

③ 将 A 口(地址 00H)的输入数据输入到 A 寄存器；



流程图

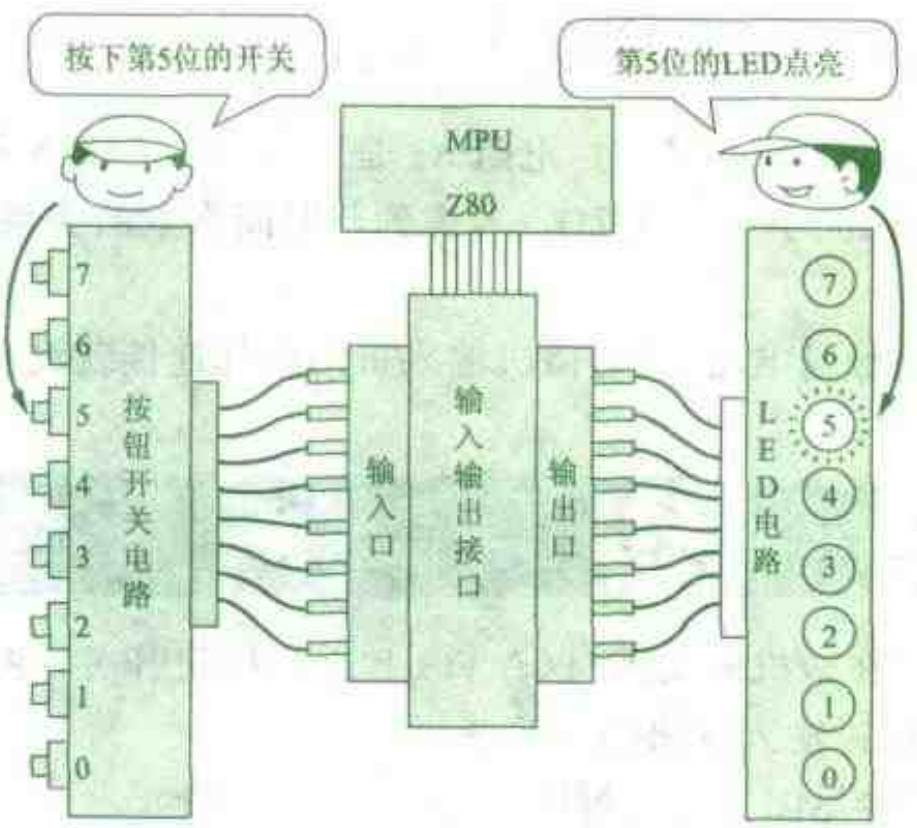
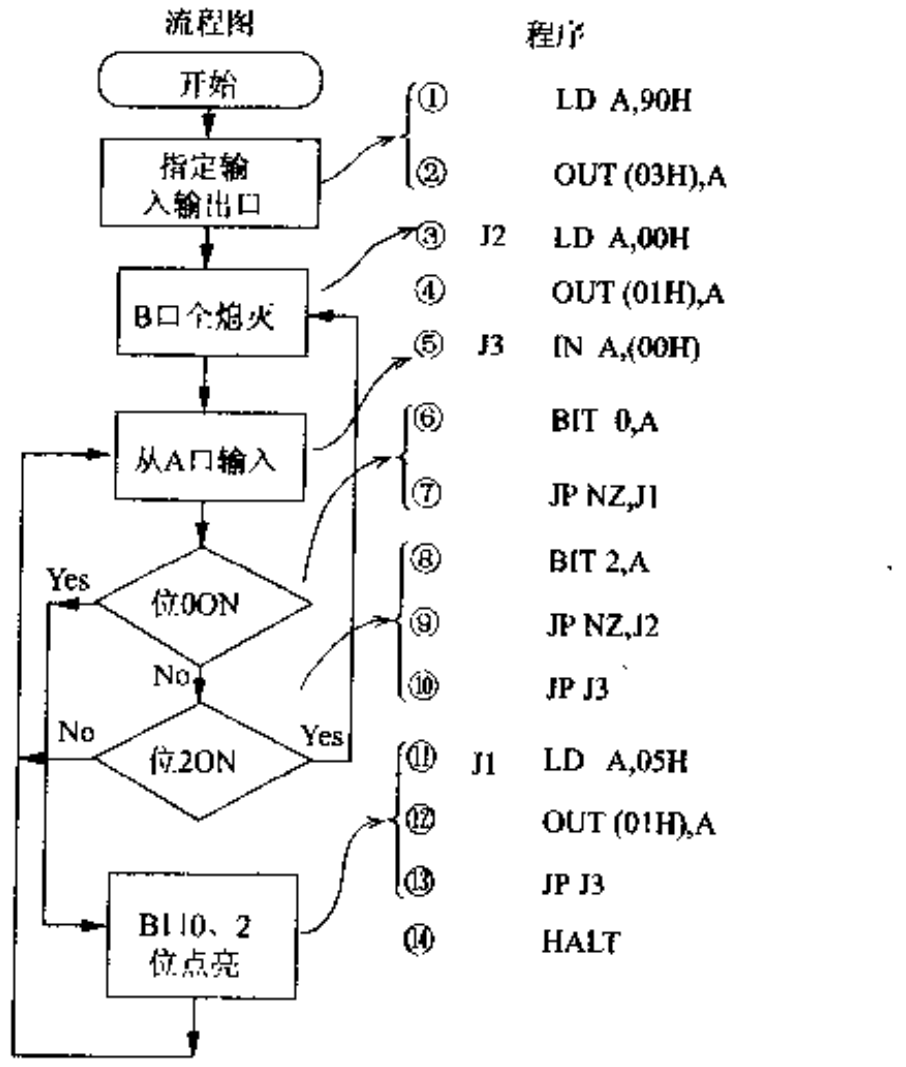


图 4 动作 1 的开关与 LED 的连接

④ 将 A 寄存器中的数据输出到 B Ⅱ(地址 01H)；

⑤ 程序结束。

·动作 2·(参见图 5 与流程图)



流程图

① 按下 A 口第 0 位上所接的按钮开关，B 口上第 0 位与第 2 位对应的 LED 点亮；

② 按下 A Ⅱ第 2 位上所接的按钮开关，B 口上的 LED 全部熄灭。

·输入输出数据·(参见图 6)

·按下第 0 位按钮开关时的数据为 01H；

·按下第 2 位按钮开关时的数据为 04H；

·第 0 位与第 2 位的 LED 点亮数据为 05H；

·全部 LED 熄灭的数据为 00H。

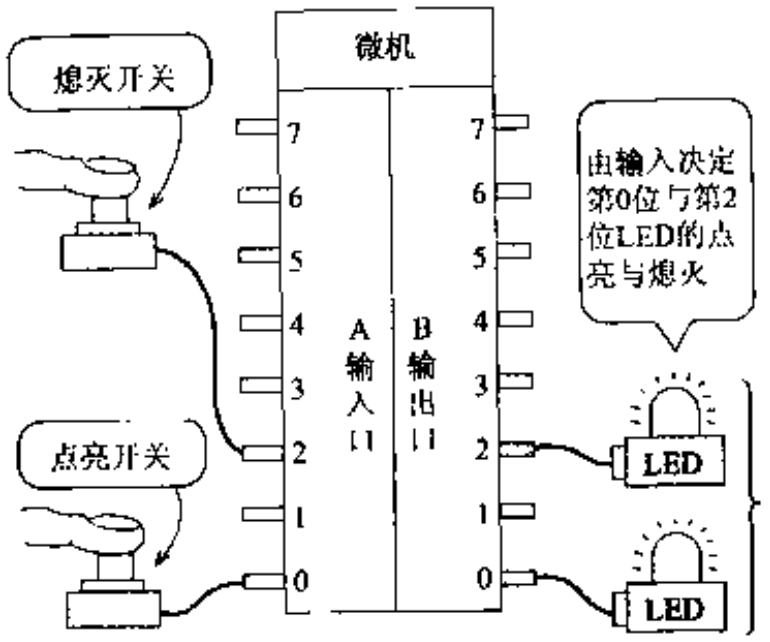


图 5　动作 2 的开关与 LED

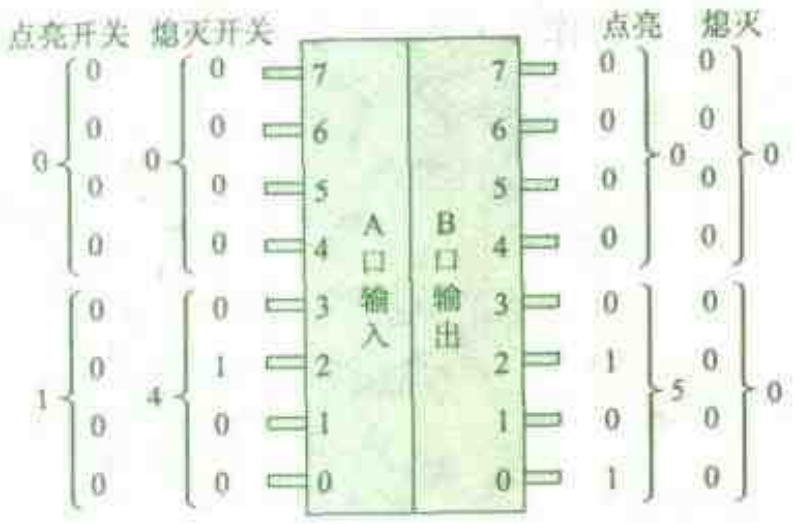


图 6　动作 2 的输入输出数据

·程序说明·

①与② 设定 A 为输入口，B、C 为输出口，并将设定的数据存放到 CW 寄存器中；

③与④ 从 B 口(地址 01H)输出 00H(全部 LED 熄灭)；

⑤ 将 A 口(地址 00H)的数据输入到 A 寄存器中；

⑥与⑦ 判断 A 寄存器中的第 0 位数据是“1”还是“0”(使 LED 点亮的开关是否按下)，是“1”则转到⑪；

⑧⑨⑩ 判断 A 寄存器中的第 2 位数据是“1”还是“0”(使 LED 熄灭的开关是否按下)，是“1”则到③，是“0”则转到⑤；

⑪与⑫ 从 B 口(地址 01H)输出 05H；

⑬ 转到⑤(全部 LED 熄灭)；

⑭ 程序结束。

练习题

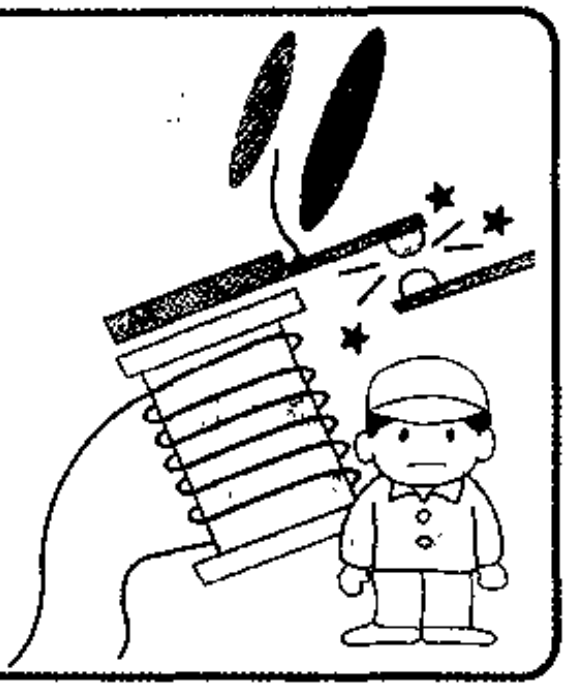
1. 为什么要在按钮开关电路中加入电容与电阻的积分电路？
2. 只想知道某个寄存器的任意位数据是“1”还是“0”，应当用什么命令？

解答

1. 为了消除在按动按钮开关时接点所产生的抖动。
2. 用 BIT 命令，(BIT 0，A)。

位　寄存器名称

7 微机控制(3)——使用继电器



1 使用微机控制接点通断

驱动系统的动力源大多采用电气式，虽然也有少量是以液压或气动为动力，但是液压或气动的方向控制所用的元件，还是电力驱动的电磁阀。所以，把机械的控制称为电气控制(参见图 1)。

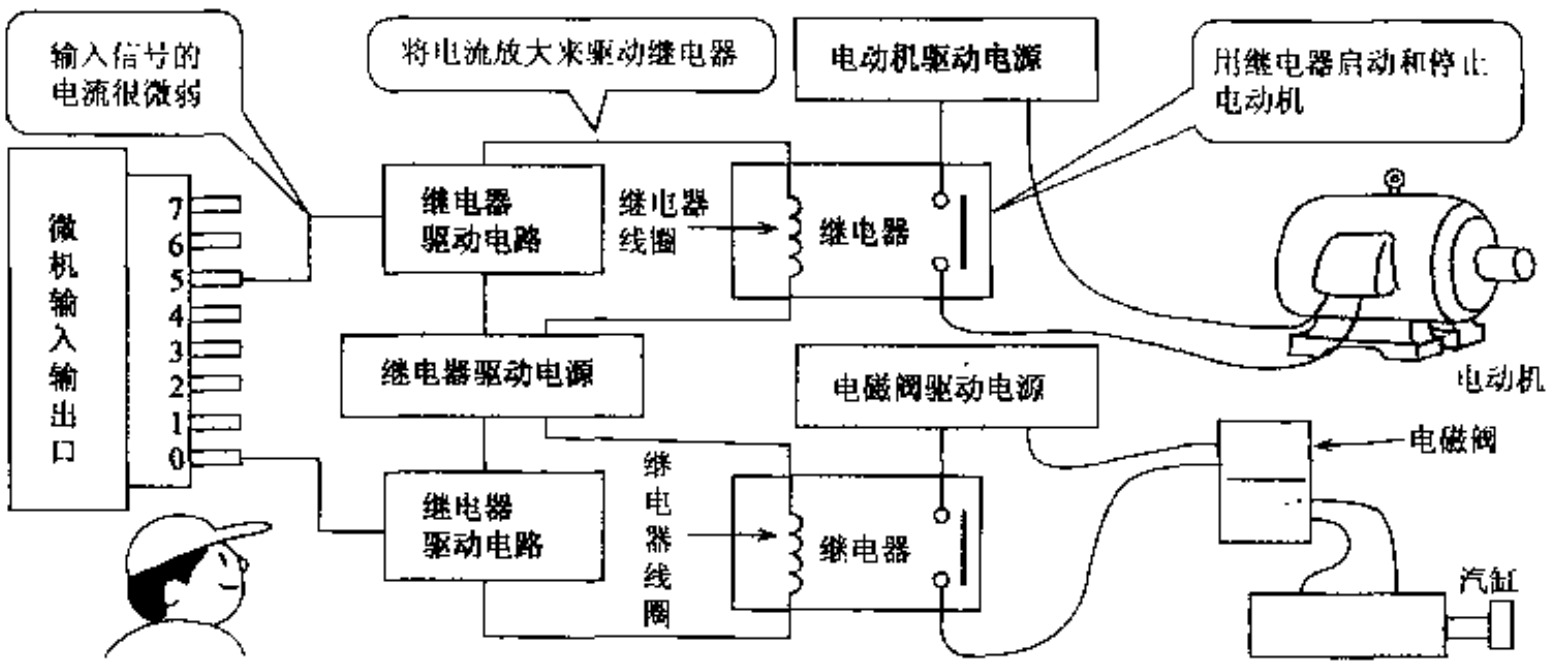


图 1　使用继电器的例子

电气控制的动作之一是接通或切断电流，手动控制时，用电路中的开关等接点来接通与切断电流；用计算机信号来控制电路的接通与切断，必须采用由

电信号来控制的继电器，用继电器的接点来接通与切断电流。继电器有两大类，一类是带有机械接点的有接点继电器，另一类是用逻辑电路的无接点继电器。

Ⅱ　有接点继电器

有接点继电器是靠电磁线圈中流过电流来使接点动作的，在用微机控制时，微机的输出信号很微弱，不能直接驱动继电器线圈，需放大微机的输出信号。在介绍这种驱动电路之前，先要了解一下继电器的电气规格。选择继电器的要求是继电器接点的负荷参数与它的驱动电源等。一旦选定了继电器，也就确定了继电器线圈的电气参数(功耗)等规格(参见图 2)。

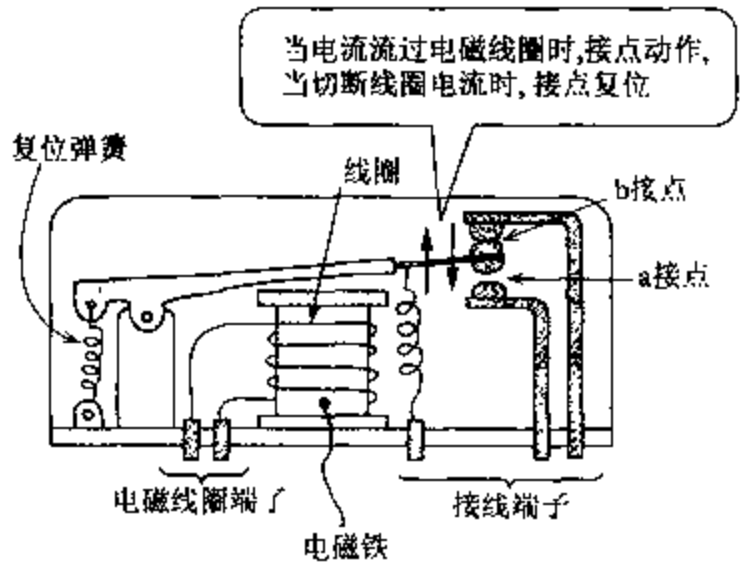


图 2　继电器结构

例如，通断功耗为 2W(交流 100V、0.02A)的电磁阀。可选用控制用小型继电器 G2VN(欧姆龙公司)，其规格如下：

·额定规格·

① 接点

额定负荷

电阻负荷　交流 110V 0.3A

感应负荷　交流 110V 0.2A

② 线圈

额定电压与额定电流的全部参数

直流	3V	120mA
	5V	72mA
	12V	30mA
	24V	15mA

电磁阀的动作是用螺线管来驱动的，螺线管是感应负荷，该继电器的接点额定电流为 0.2A，是电磁阀螺线管工作电流的 10 倍。即使启动电流过大，继电器接点也能承受。

Ⅲ　继电器的驱动电路

用 5V 的电源来驱动继电器，继电器线圈的电流为 72mA，而微机输出信号为“1”时的电流为 0.2mA(相同的输入输出接口，由于制造上的不同，也会有些差异)，所以必须用驱动电路来放大到 72mA 以上，才能直接驱动继电器。现采用晶体管放大电路作为驱动电路(参见图 3)。

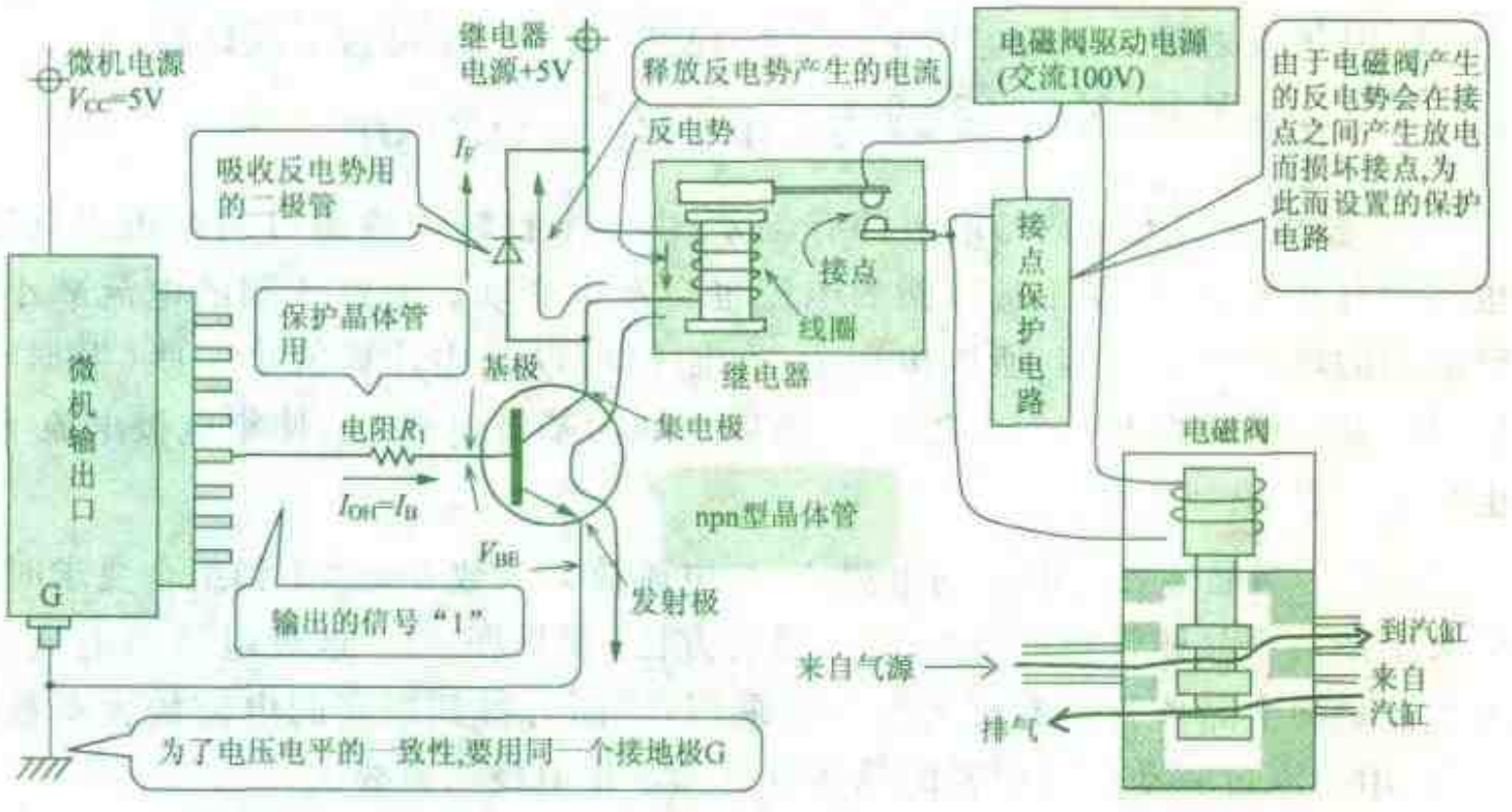


图 3　继电器驱动电路

·电路说明·

① 将继电器线圈接到电源的正极与晶体管的集电极之间；

② 将继电器的电流突然切断，其反电势产生的电压很高，可能会烧坏晶体管与线圈，因此用二极管与线圈并联，来吸收由反电势产生的电流。二极管的

规格为正向电流 I_F 应当大于线圈的额定电流(72mA),反向电压 V_R 应当选择电源电压(5V)的3倍以上;

③晶体管的基极上输入来自微机的信号为"1"时的电流(0.2mA)就是基极电流 I_B。

要驱动继电器,必须把流过晶体管集电极的电流 I_C 放大到大于线圈的额定电流(72mA)。晶体管电流放大系数 h_{FE} 可按下式计算:

$$h_{FE} \geqslant \frac{I_C}{I_B} = \frac{72\text{mA}}{0.2\text{mA}} = 360$$

所以所选用的晶体管的电流放大倍数应大于360倍,集电极电流应大于72mA,基极电流应在0.2mA以上。

可选用型号为"2SC1815BL(东芝)"的晶体管,其规格如下:

额定集电极电流 150mA

额定基极电流 50 mA

电流放大系数 350～700。

④ 电阻 R_1 的作用是保护晶体管,以防止其基极电流 I_B 过大。当来自输入输出口的信号为"1"时,其基极电流 I_B 为0.2mA(0.000 2A),电源电压 V_{cc} 为5V,基极发射极之间的电压 V_{BE} 为0.7V时,电阻 R_1 可按下式计算:

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 0.7}{0.000\ 2} = 21\ 500(\Omega) = 21.5(\text{k}\Omega)$$

但是,电流放大系数与电阻都有偏差,由于来自输入输出口的电压或电流也多少有些变动,所以流过线圈的电流也会产生变动。流过线圈的电流减小,继电器的动作受到影响,所以电阻 R_1 的阻值可以取比计算值小一些(根据经验,R_1 为计算值的1～1/10之间)。所以要加大基极电流 I_B,使集电极电流 I_C 也加大。设 $R_1 = 6.8\text{k}\Omega$。

* 当晶体管集电极的电流 I_C 与电流放大系数 h_{FE} 达不到组合要求时,可采用把两个晶体管电路连接在一起的方法(参见图4)。这种电路的电流放大系数是两个晶体管电流放大系数的乘积,因而可得到很高的电流放大系数。同时,用在流过驱动电流位置的晶体管的额定集电极电流要大。

Ⅳ 接点保护电路

当继电器的接点切断电动机或电磁阀等感应负荷电流时,反电势产生的电压过高,会引起接点之间的电弧放电或造成接点的损坏。电弧放电所产生的干扰会影响到微机控制电路,这是产生误动作的主要原因。为了防止接点之间产

生电弧，必须采用接点保护电路。

图 5 是使用电阻与电容构成的接点保护电路。

C 与 R 选用的标准为

C：接点电流为 1A 时，用 0.5～1μF（C 可起到接点切断时抑制放电的作用）。

R：接点电压为 1V 时，用 0.5～1Ω（R 可起到接点闭合时限制电流的作用）。

C、R 的阻抗应当取相对于负荷来说为足够大的值（交流电路中电阻、电感线圈、电容所产生的总阻抗）。另一种接点保护电路是，根据电压采用可变电阻器，这里不作介绍。

必须充分注意反电势造成的对控制系统的不良影响。所介绍的数值是否作为最终的标准，要用实验来证实；因为交流与直流有所不同，也需要特别注意。

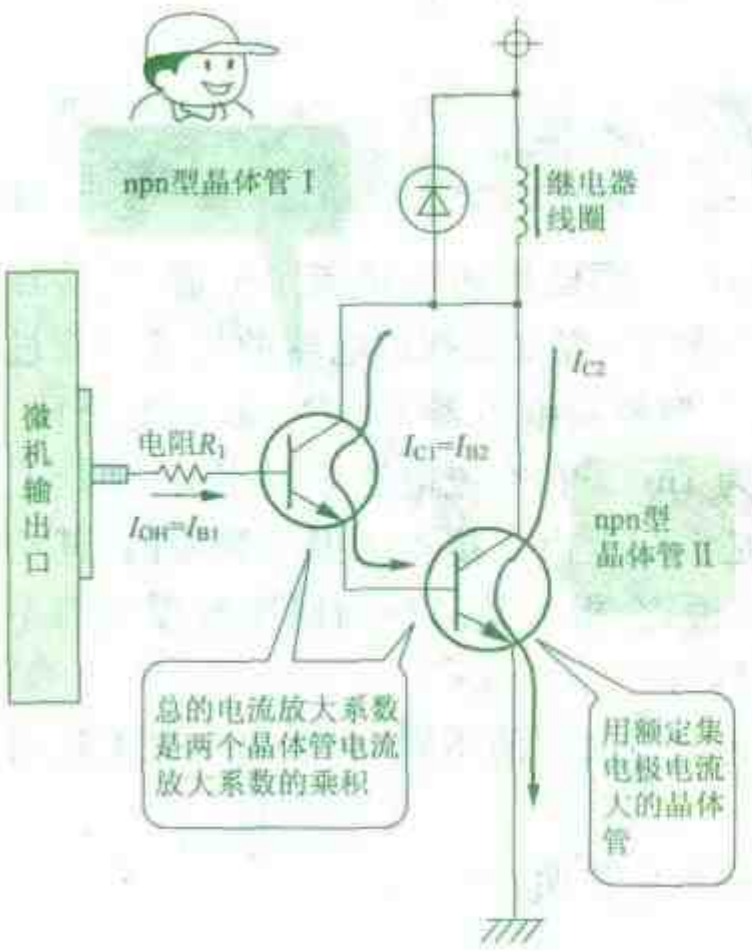


图 4　使用两个晶体管放大电流

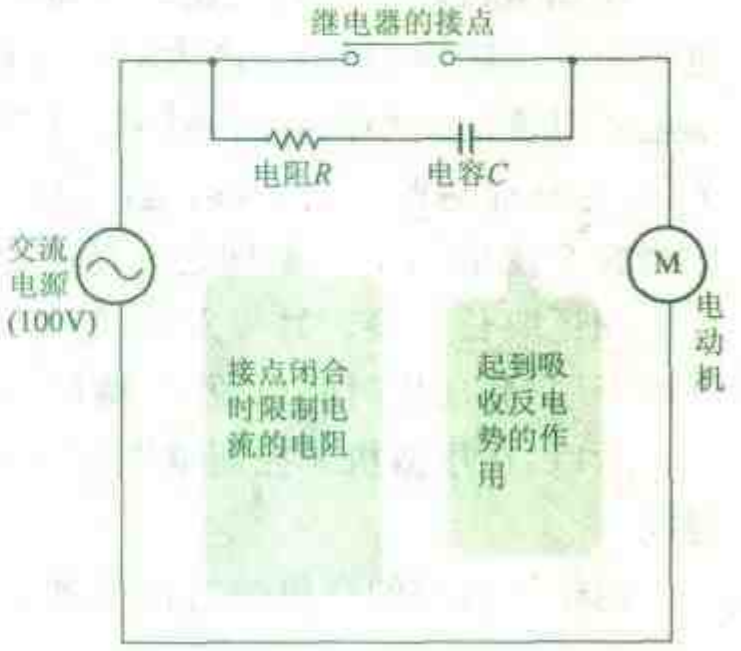


图 5　接点保护电路的例子

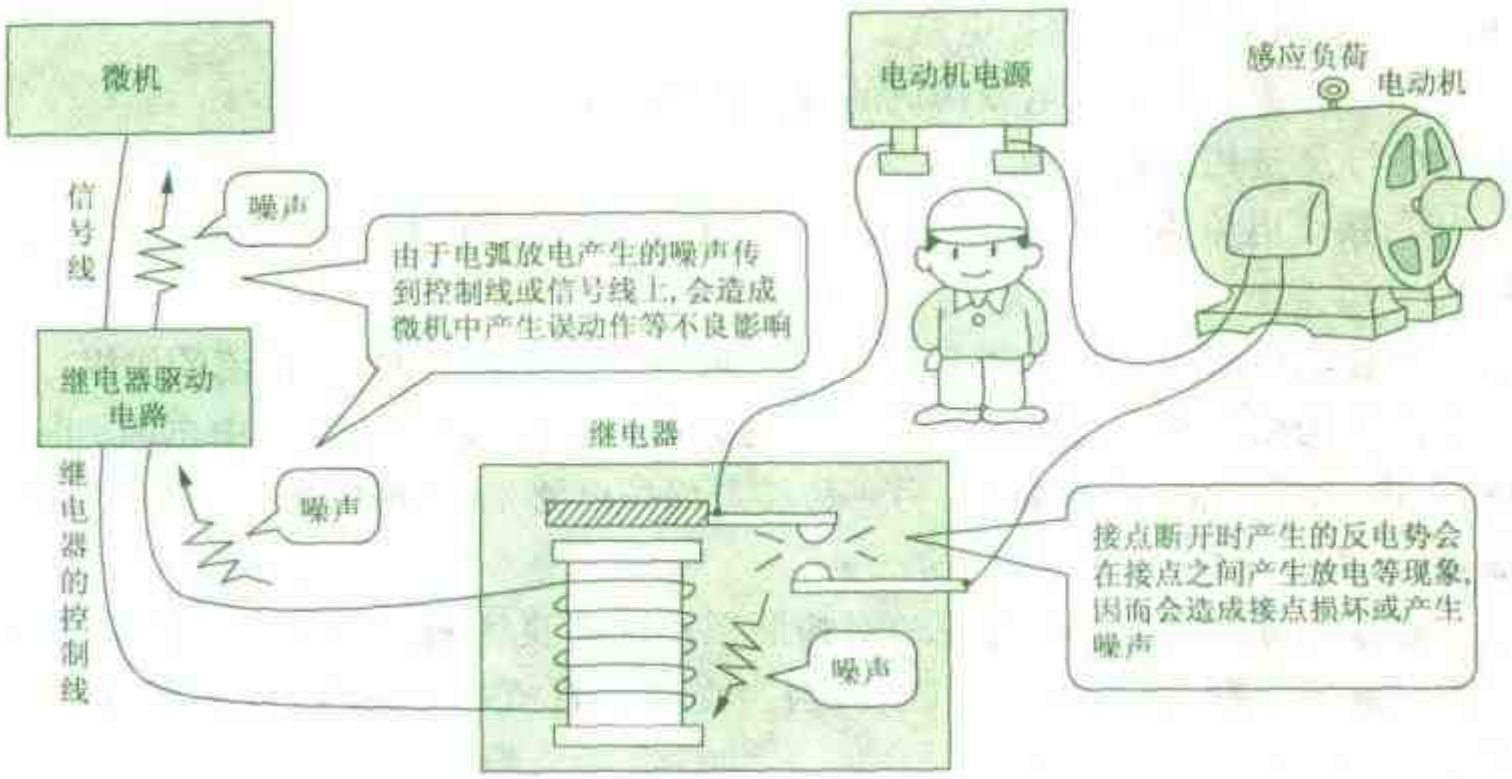


图 6　由于感应负荷产生的接点之间的放电

V　微机与继电器动作时间的差异

在用微机来驱动有接点继电器时，即使线圈已接通或切断了电流，其接点也不能立即响应，而是会产生滞后现象。滞后的程度根据继电器的构造与流过继电器电流的大小而有所不同。以直流小型控制继电器 G2VN(欧姆龙公司)为例，其动作时间约为 5ms，返回时间约为 1ms。在交流电路中使用时，理论上应当在交流电的 1/2 周期之内动作，但是实际上由于接点的振动等原因，其动作时间还要长一些。另一方面，对微机来说，会根据其时钟的周期与程序的不同而不同，其动作时间极短，以微秒(10^{-6}s)计。

所以，在用微机来控制继电器时，因为响应时间的不同，必须用程序来控制时间。

用于继电器的微机控制程序将在下一节中说明。

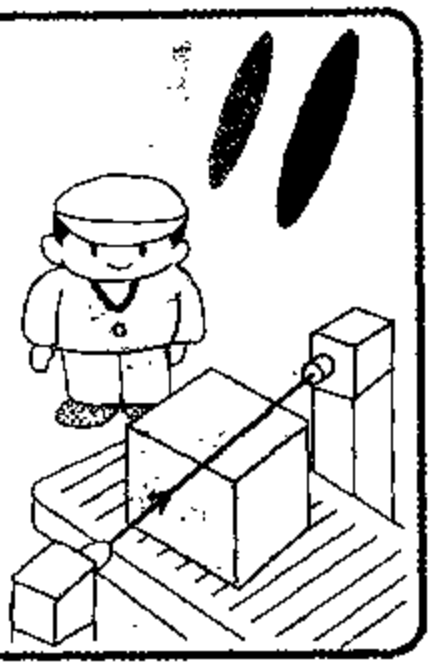
练习题

1. 用来自微机的输出信号能直接驱动继电器吗？
2. 用继电器接点来启动、停止电动机时，在继电器的接点使用上应注意什么问题？

解答

1. 因来自微机的输出信号电流很微弱，不能直接驱动继电器。
2. 在启动、停止电动机时，由于电动机产生的反电势会造成接点之间的电弧放电，应注意防止。

8 微机控制(4)——简单控制



1 简单控制装置

图 1 是一个简单控制装置，当传送带上所传送的物品超过一定高度时，此装置就能放下挡板，制止物品的输送。

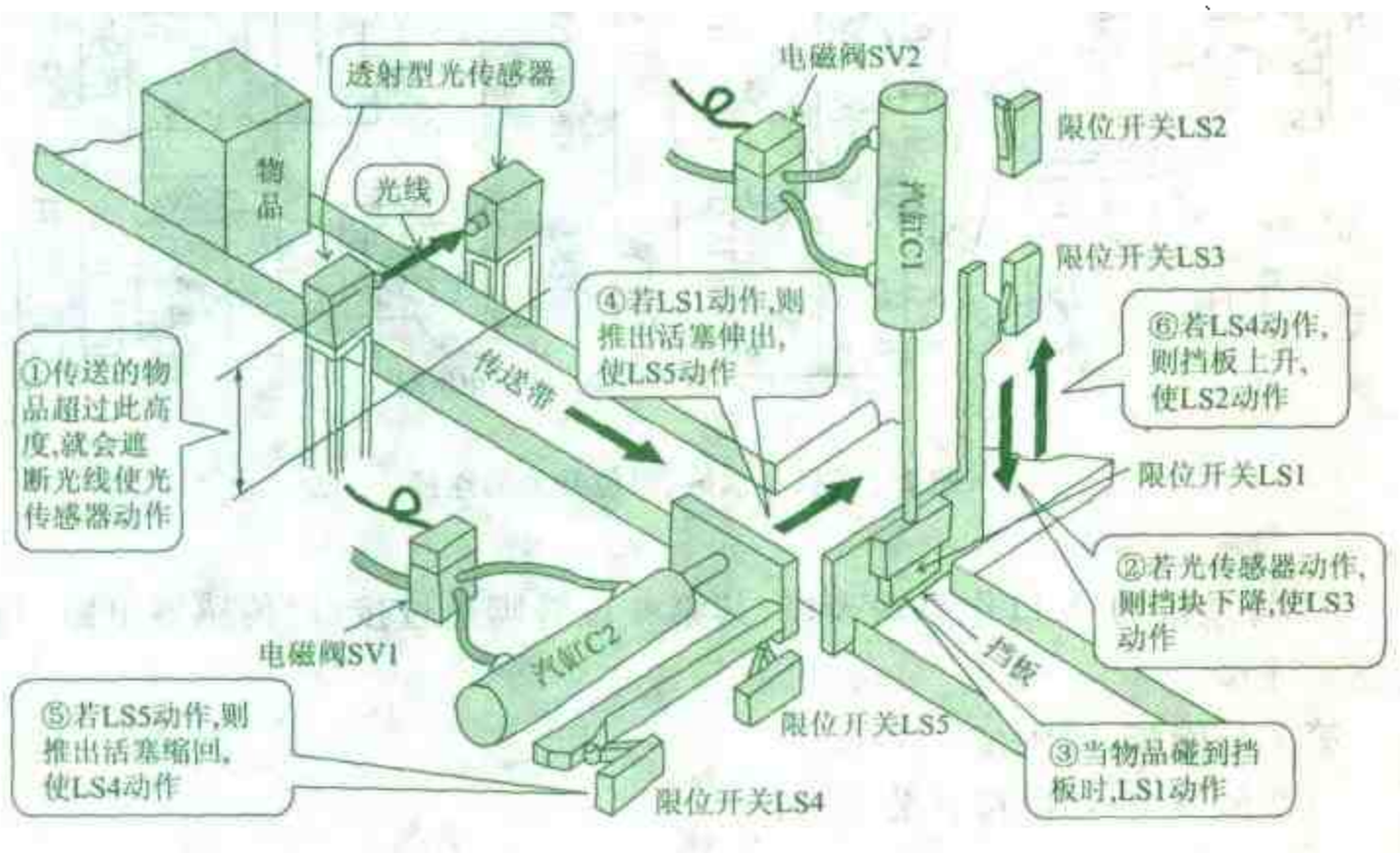


图 1　物品高度的选择、控制装置

·动作说明·

① 传送带上安装固定高度的透射型光传感器，当传送的物品遮断光传感器时，汽缸 C1 的活塞伸出，将挡板设置在传送带上，并使限位开关 LS3 动作；

② 物品被挡板挡住，则装在挡板上的限位开关 LS1 动作；

③ 限位开关 LS1 动作，则汽缸 C2 的活塞伸出，将物品推离传送带，同时使限位开关 LS5 动作；

④ 限位开关 LS5 动作，则汽缸 C1 与汽缸 C2 的活塞复位，并使限位开关 LS2 与 LS4 动作；

⑤ 等待光传感器的下一次动作。

2.3 微机与汽缸、限位开关的连接

如图 2 所示，通过接口将汽缸、限位开关与光传感器连接到微机的 A 口与 B 口上。

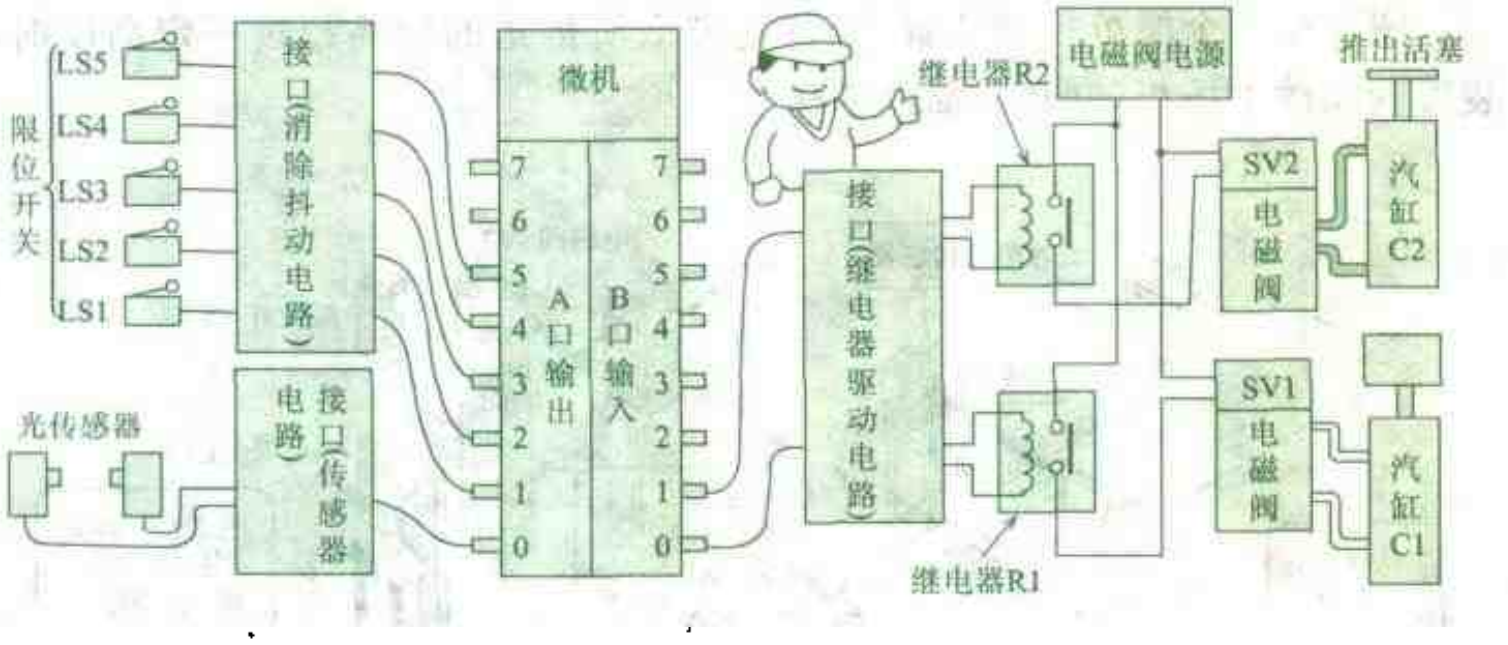


图 2　微机与汽缸、限位开关的连接

① 将微机的 A 口作为输入口，其第 0 位管脚通过接口(传感器电路)与光传感器连接。

第 1 位管脚，接限位开关 LS1；

第 2 位管脚，接限位开关 LS2；

第 3 位管脚，接限位开关 LS3；

第 4 位管脚，接限位开关 LS4；

第 5 位管脚，接限位开关 LS5。

以上都是通过接口(消除抖动电路)来连接的。

② 将微机的 B 口作为输出口,其第 0 位管脚通过继电器驱动电路接到继电器 R1 的线圈上,将 R1 的接点通过驱动汽缸 C1 的电磁阀 SV1 线圈与电源(交流 100V)连接。其第 1 位管脚以同样方式接到继电器 R2、汽缸 C2、电磁阀 SV2 上。

Ⅲ. 输入输出口的指定与输入输出的数据

① 输入输出口的指定

A 口(地址码为 00H)　输入口

B 口(地址码为 01H)　输出口

C 口(地址码为 02H)　输出口

CW(控制字,地址码为 03H)= 90H

② 输入的数据

在各种状态中,来自限位开关的输入数据如表 1 所示,传感器为光传感器,LS 为限位开关。

③ 输出的数据

操作汽缸 C1 与 C2 用的输出数据如表 2 所示。

表 1　A 口的输入数据

装置状态	第 7~6 位	LS5 第 5 位	LS4 第 4 位	LS3 第 3 位	LS2 第 2 位	LS1 第 1 位	LS0 第 0 位	输入数据
初始状态,推出活塞退回,挡板收起	00	0	1	0	1	0	0	14H
光传感器动作	00	0	1	0	1	0	1	15H
挡板设置,汽缸 C1 的活塞伸出	00	0	1	1	0	0	0	18H
物品碰到挡板	00	0	1	1	0	1	0	1AH
挡板设置(两汽缸的活塞伸出)	00	1	0	1	0	0	0	28H

表 2　B 口的输出数据

输出状态	第 7～2 位	推出，第 1 位	挡板，第 0 位	输出数据
初始状态，两汽缸的活塞退回	000000	0	0	00H
挡板下降，汽缸 C1 的活塞伸出	000000	0	1	01H
物品推出，挡板下降，两汽缸的活塞伸出	000000	1	1	03H

编制程序

① 程序的设计

这是一个根据输入数据来改变输出数据的控制程序。有两种实现控制的方法：其一是将实际输入数据与表 1 所设定的输入数据进行比较，来决定输出数据；另一种是依次检查连接在输入口各位上的限位开关等数据是“1”还是“0”，从而决定输出数据（参见表 3）。

表 3　程序

序号	标记	指令	操作数	地址	机器码
1		LD	A,90H	0000	3 E 90
2		OUT	(03 H),A	0002	D 3 03
3		LD	B,15 H	0004	06 15
4		LD	C,1 AH	0006	0 E 1 A
5		LD	D,28 H	0008	16 28
6	OUT	LD	A,00 H	000 A	3 E 00
7		OUT	(01 H),A	000 C	D 3 01
8	IN 1	IN	A,(00 H)	000 E	DB 00
9		CP	B	0010	B 8
10		JP	NZ,IN 1	0011	C 2 0 E 00
11		LD	A,01 H	0014	3 E 01
12		OUT	(01 H),A	0016	D 3 01
13	IN 2	IN	A,(00 H)	0018	DB 00
14		CP	C	001 A	B 9
15		JP	NZ,IN 2	001 B	C 2 18 00
16		LD	A,03 H	001 E	3 E 03
17		OUT	(01 H),A	0020	D 3 01
18	IN 3	IN	A,(00 H)	0022	DB 00
19		CP	D	0024	BA
20		JP	NZ,IN 3	0025	C 2 22 00
21		JP	OUT	0028	C 3 0 A 00
22		HALT		002 B	76

② 流程图

为了便于理解控制流程，画出流程图如图 3 所示。

③ 程序说明

第 1、2 行　将 CW(控制字寄存器)所需的数据送入 A 寄存器，再输出到 I/O(输入/输出)口的 CW 寄存器中(指定各输入输出口)；

第 3、4、5 行　将各状态时的输入数据送入 B、C、D 寄存器；

· B 寄存器：光传感器的动作状态

· C 寄存器：阻挡物品用挡板的动作状态

· D 寄存器：物品推出传送带的动作状态

第 6、7 行　输出初始状态(两汽缸 C1、C2 的活塞退回的状态)；

第 8 行　将 A 口的输入数据送到 A 寄存器中(输入开关的状态)；

第 9 行　将 A 寄存器与 B 寄存器进行比较(与光传感器的动作状态比较)；

第 10 行　若比较结果不同，返回到向 A 口输入数据(在光传感器动作之前，重复进行第 9、10 行的操作)；

第 11、12 行　从 B 口的第 0 位输出数据“1”(使汽缸 C1 的活塞伸出，在传送带上设置挡板)；

第 13 行　将 A 口的输入数据送到 A 寄存器中(输入开关状态)；

第 14 行　将 A 寄存器与 C 寄存器进行比较(挡板挡住物品与限位开关 LS1 的动作状态比较)；

第 15 行　若比较结果不同，返回到向 A 口输入数据(在 LS1 动作之前，重复进行第 13、14 行的操作)；

第 16、17 行　从 B 口的第 0 位、第 1 位输出数据“1”(使汽缸 C1 的活塞伸出，在设置挡板的状态下使汽缸 C2 的活塞伸出，将物品推出传送带)；

第 18 行　将 A 口的输入数据送到 A 寄存器中(输入开关状态)；

第 19 行　将 A 寄存器与 D 寄存器进行比较(汽缸 C2 的活塞伸出，将物品推出传送带后的状态与限位开关 LS5 的动作状态比较)；

第 20 行　若比较结果不同，返回到向 A 口输入数据(在 LS5 动作之前，重复进行第 18、19 行的操作)；

第 21 行　返回到初始状态的输出；

第 22 行　程序结束。

为了便于说明问题，将装置做得很简单，但在实际的制作中，应当考虑构造或程序方面的各种问题，吸取试制中失败的教训，并借鉴以往技术上所积累的经验。

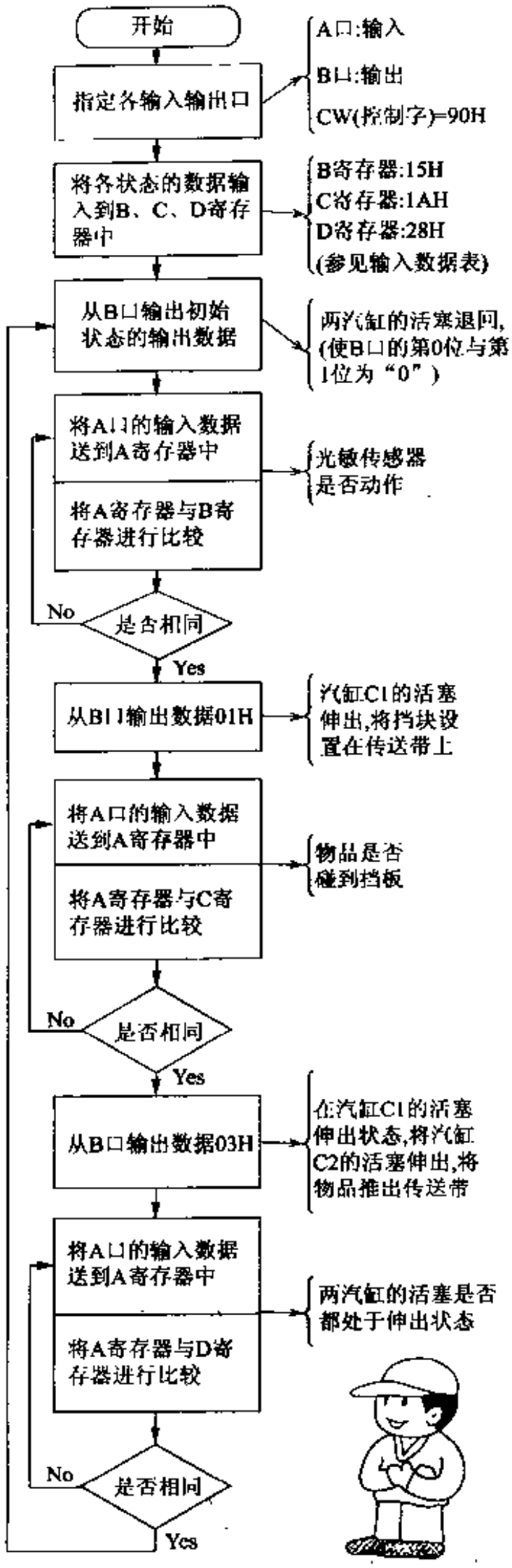


图 3　流程图

练习题

1. 用微机使汽缸动作,需要些什么?
2. 判断输入口的方法有哪些?

解答

1. 需要能用微机输出的信号来使接点动作的继电器,改变向汽缸输入压缩空汽流向等用的电磁阀,以及它们的驱动电路。
2. 一种方法是仅取出某位来检查是“0”还是“1”;另一种方法是对表示输入口所有位状态的数据进行检查。

9 微机控制(5)——使用步进电动机的控制装置

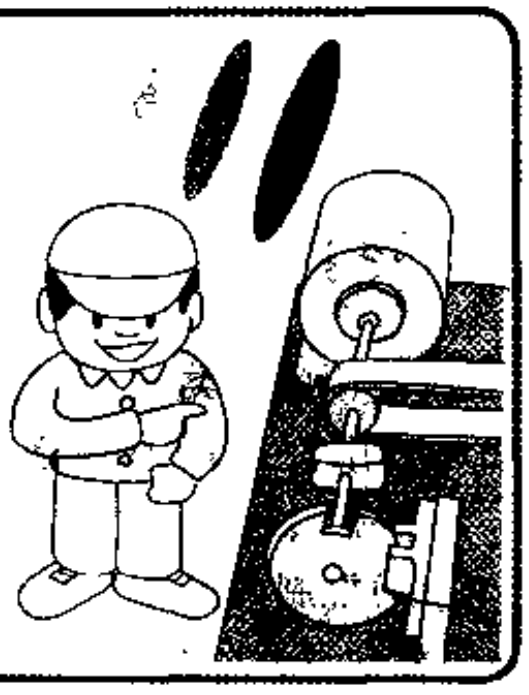


图 1 为使用步进电动机来使皮带往复运动的装置。这种原理正被用于打印机的打印头往复控制装置中。

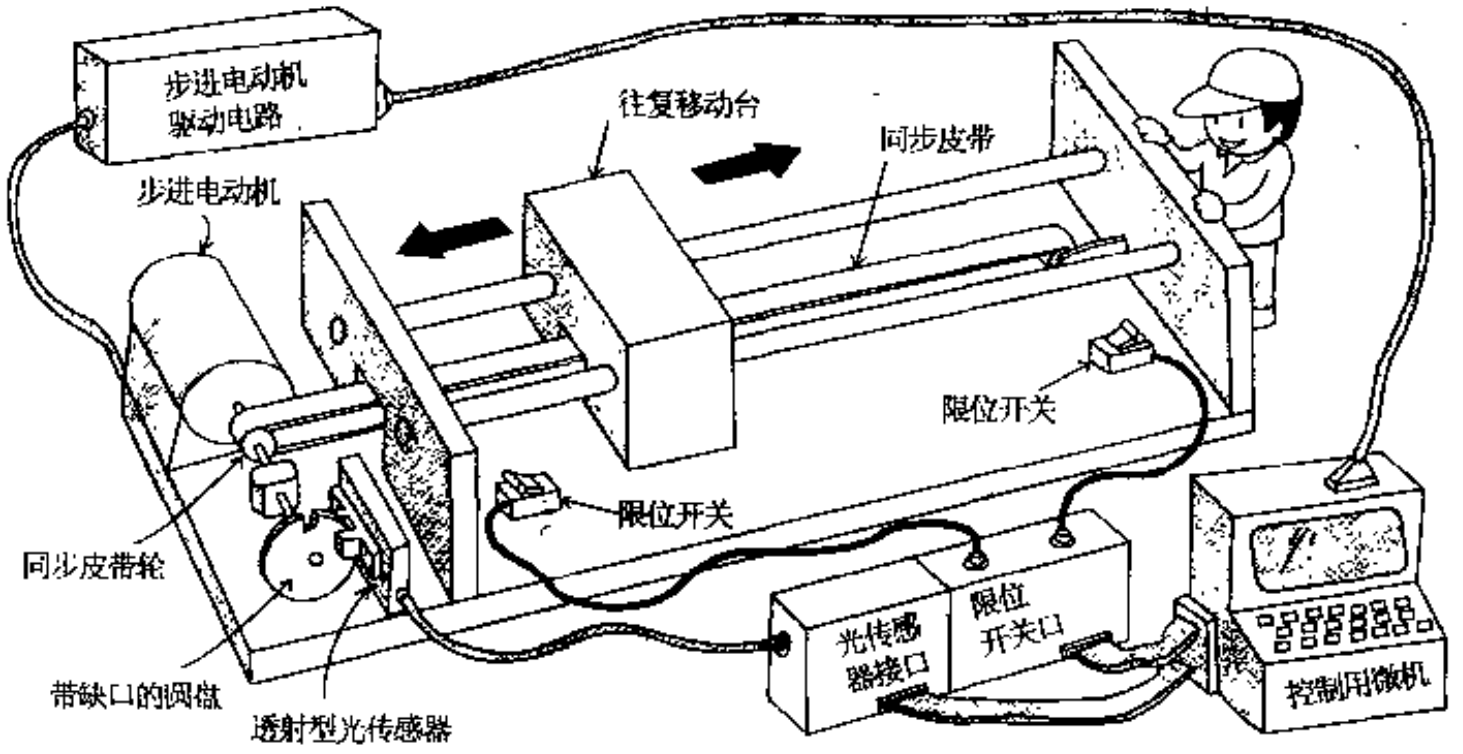


图 1　步进电动机控制的往复运动装置

I　装置的构造与控制的内容

(1)驱动部分

① 步进电动机：

步进角 1.8 度/步(二相励磁)

驱动电压 12V

驱动电流 0.6A/相

② 同步皮带 节距 2.032mm

宽 6.4mm

同步皮带轮 节距 2.032mm

齿数 20个

(2)传感器类

① 限位开关:往复移动台的两端上装限位开关,以防止超限;

② 旋转检测传感器:使用透光型传感器与带缺口的圆盘来检测旋转。

(3)控制内容

移动量、移动速度、返回起始点等均用微机控制。

2 步进电动机的工作原理

图2所示的电磁铁,以A、B、C顺序依次励磁,铁片T就会被励磁过的磁铁所吸引而沿着隔板移动。同样道理,将电磁铁排列在圆周上并依次励磁,铁片就会旋转。将励磁方向倒过来,就会反方向旋转。这就是步进电动机的原理。

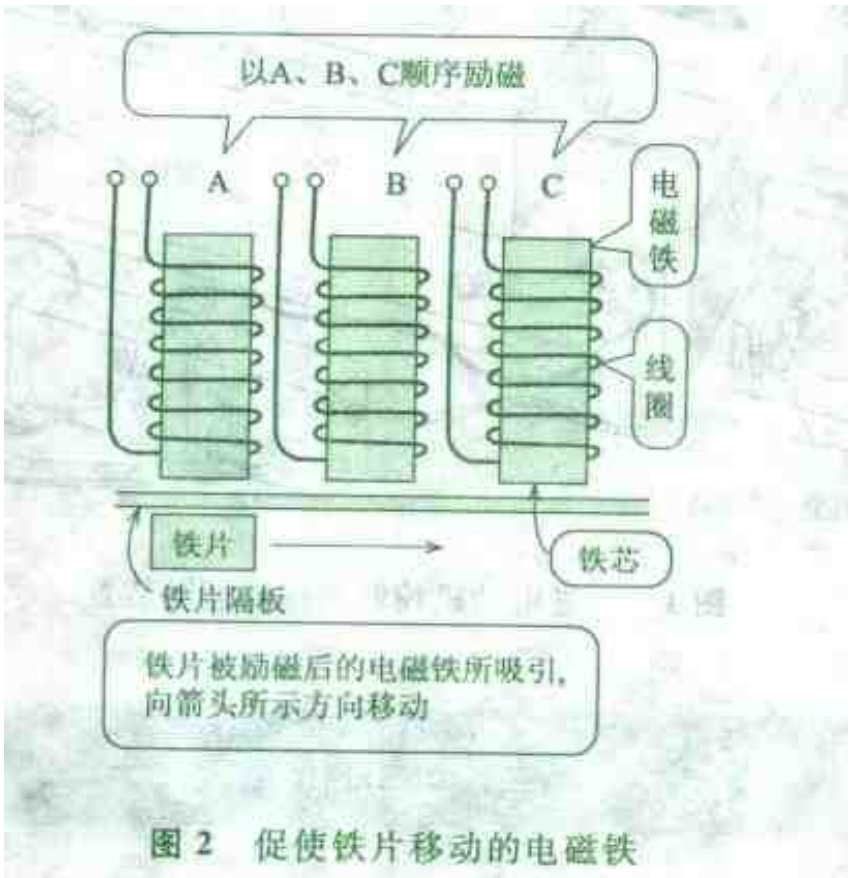


图2 促使铁片移动的电磁铁

图3所示为二相励磁步进电动机的原理图。将设置在A相、B相、C相与D相的开关按1、2、3、4的顺序接通与断开(ON/OFF),转子就顺时针旋转。根

据这一原理，用晶体管电路来代替开关，依次将信号输入晶体管的基极，转子就会旋转起来。

步进电动机始终有两相或两相以上处于励磁状态，一直对电机施加电磁力矩，可以使电机停止。

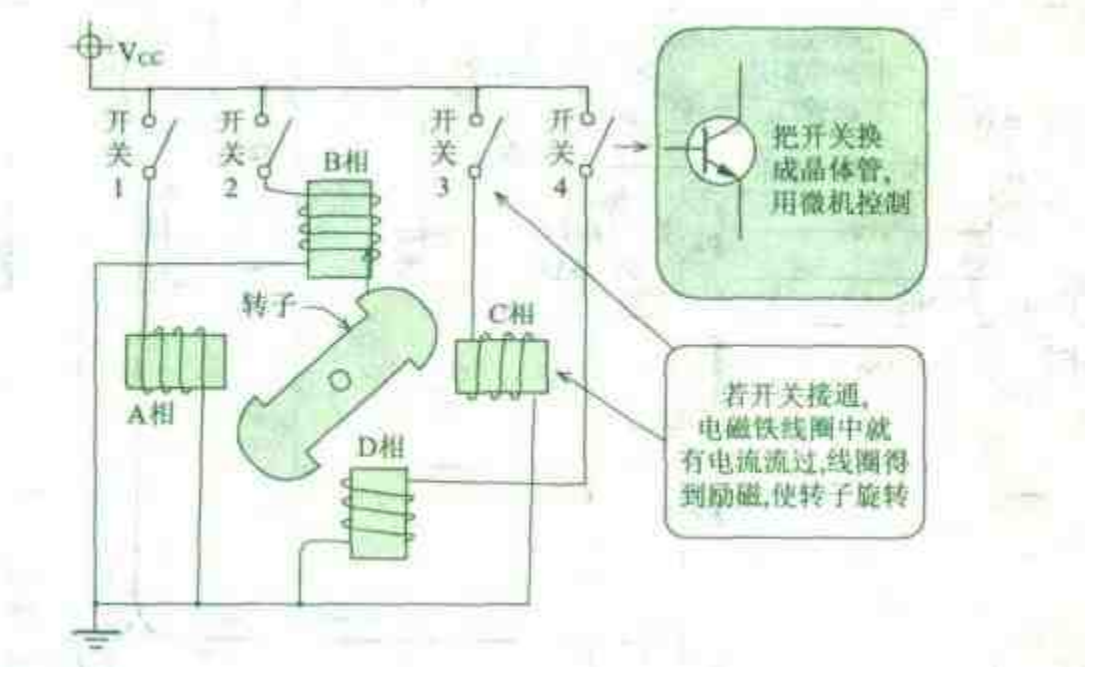


图 3　二相励磁步进电动机的原理图

Ⅲ　步进电动机的驱动电路

图 4 是用微机输出的脉冲信号来驱动步进电动机的例子。按 A 相、B 相、C 相与 D 相的顺序来施加信号，就是使转子旋转的简单电路。

·电路说明·

① 2SD633 型晶体管，是用于驱动步进电机的达林顿式晶体管。

·直流电流放大系数 h_{FE} = 2 000～15 000

·集电极电流(最大)I_C = 7A

因步进电动机每相的驱动电流为 0.6A，所以有足够的余量。作为驱动步进电动机用的晶体管，为了防止其高频开关(ON/OFF)状态所造成的对响应特性的影响，要在其基极与发射极之间接入电阻；为了防止在集电极、发射极之间由反电势产生的高压，要在这二者之间接入二极管。

② 12V 电源的正极端，通过步进电动机的每相线圈，连接到晶体管的集电极。为了吸收线圈所产生的反电势，与线圈并联接入电阻 R_F 与二极管 D。此电阻可缩短反电势吸收的时间，有防止在高速区域转矩下降的作用。电阻 R_F 用 120Ω 左右，电阻 R_F 与二极管 D 的耐压均应比反电势高；

③ 电动机每相的驱动电流为 0.6A，这就是集电极电流 I_C。晶体管的直流

电流放大系数 h_{FE} 最小为 2 000 倍，基极电流可按下式计算：

$$I_B = I_C / h_{FE} = 0.6/2\ 000 = 0.3(mA)$$

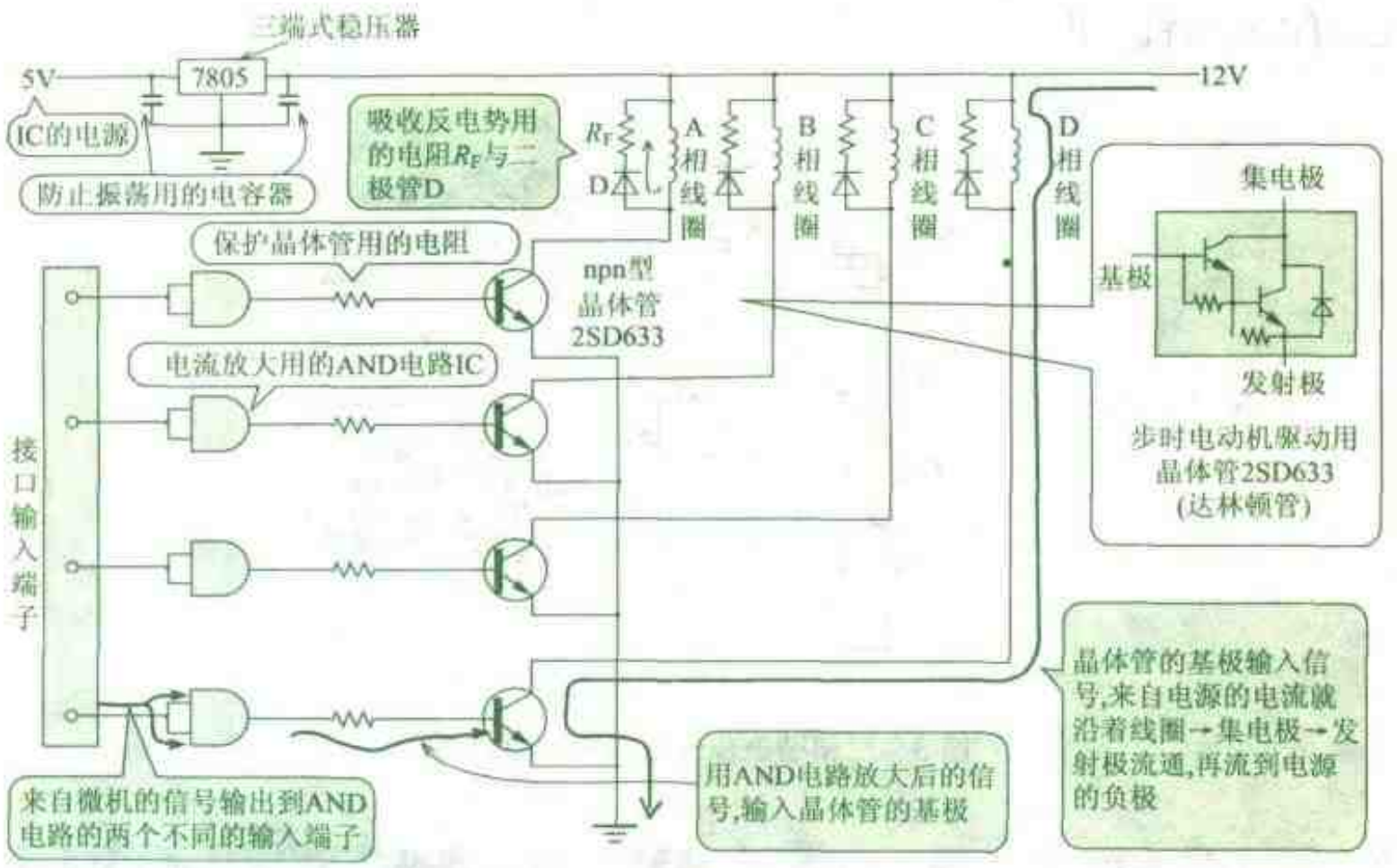


图 4　步进电动机驱动

④ 微机输出口(8255)的信号“1”输出电流为 0.2mA，此值小于基极所必须的电流 I_B，所以不能将输出口的端子直接连接到晶体管的基极上。为此，采用 AND 电路 IC(74LS08)来放大，这种 IC 信号“1”的输出电流是 0.4mA，大于所需的基极电流 I_B(0.3mA)；

⑤ IC 与基极之间所接的电阻 R_B 是用于保护晶体管的电阻，阻值可按下式计算：

$$R_B = (V_{OH} - V_{BE}) / I_B$$

V_{OH}：IC 信号为“1”时的最小输出电压为 2.7V。

V_{BE}：(达林顿管)基极与发射极之间的电压为 1.4V。

$$R_B = (2.7 - 1.4)/0.000\ 3 = 4\ 333.3(\Omega)$$

因此，取电阻 R_B 为 4.3kΩ；

⑥ IC 用的电源采用输出电压为 5V 的三端式稳压器(7805)，其电源端输入电压为 12V，输出电压为 5V，输入输出两端均用 0.1μF 的陶瓷电容来防止振荡。

Ⅳ　限位开关的接口

为了防止超出行程，在移动台的两端装有限位开关。限位开关的信号通过接口电路输入到微机。接口电路如图 5 所示，使用积分电路与施密特电路来消除波形的抖动。

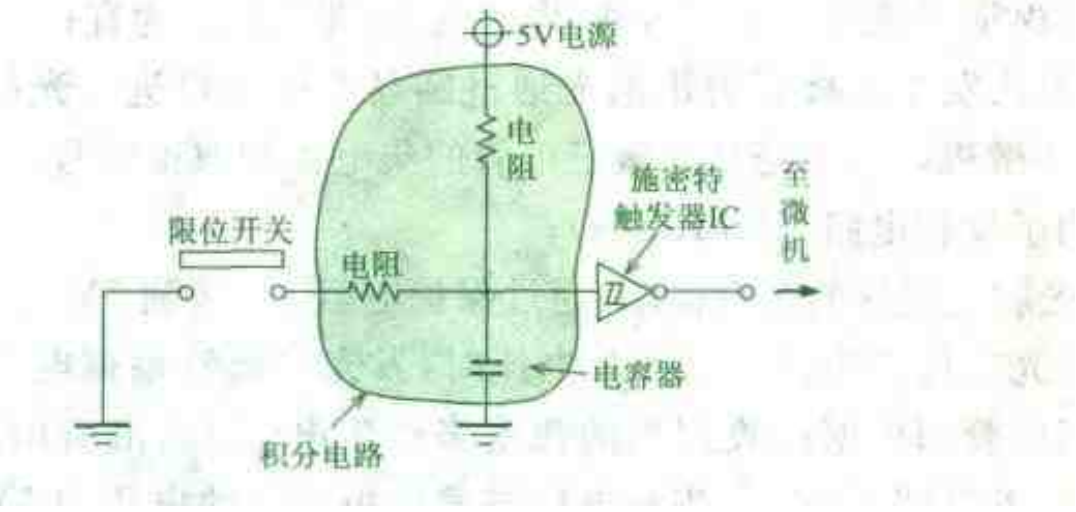


图 5　消除波形抖动的电路

Ⅴ　检测旋转的传感器接口

检测旋转的传感器接口是由透射型光传感器与带缺口的圆盘组成的。

透射型光传感器采用欧姆龙公司(OM RON)的槽型光传感器，型号为 EE-SG3，通过图 6 所示的接口接入微机。

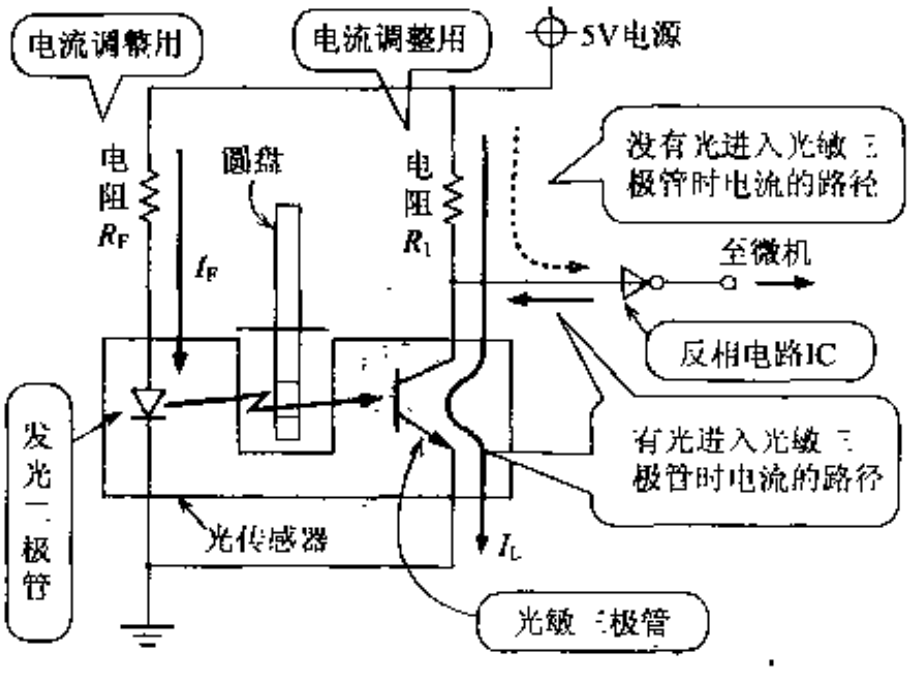


图 6　光传感器的接口电路

·电路说明·

① 首先，电阻 R_F（调整发光二极管的通过电流用）接到 5V 电源的正端（V_{CC}），其负端接到 5V 电源的负端，流过发光二极管的电流 I_F 为 15mA，调整电流用的电阻 R_F 的阻值可按下式计算（其中施加在发光二极管的电压 V_F 取 1.2V）：

$$R_F=(V_{CC}-V_F)/I_F=(5-1.2)/0.015$$
$$=253.3(\Omega)$$

为了保证电流不小于 15mA，将电阻 R_F 取 220Ω 为宜；

② 当从发光二极管射出的光通过圆盘上的缺口进入光敏二极管时，信号“1”就输入微机。由于是从光敏三极管的集电极端取得信号，必须将信号反相，所以使用了反相电路 IC（74LS04）；

③ 光敏三极管的集电极端，通过保护电阻 R_L 接到 5V 电源的正端（V_{CC}）。

当发光二极管中流过 15mA 电流时，发光二极管根据电流的强度来发光，而光敏三极管则根据接收到光的强度来产生电流 I_L，由所用光传感器的输出特性曲线（参见图 7）可知，当集电极与发射极之间的电压为 5V，流过发光二极管中的电流 I_F 为 15mA 时，光敏三极管的集电极、发射极之间流过的电流 I_C 约为 4.6mA，因此，可按下式计算电阻 R_L 的阻值：

$$R_L=V_{CC}/I_L=5/0.004\ 6=1\ 087(\Omega)$$

因此，可选用阻值为 1.2kΩ 的电阻；

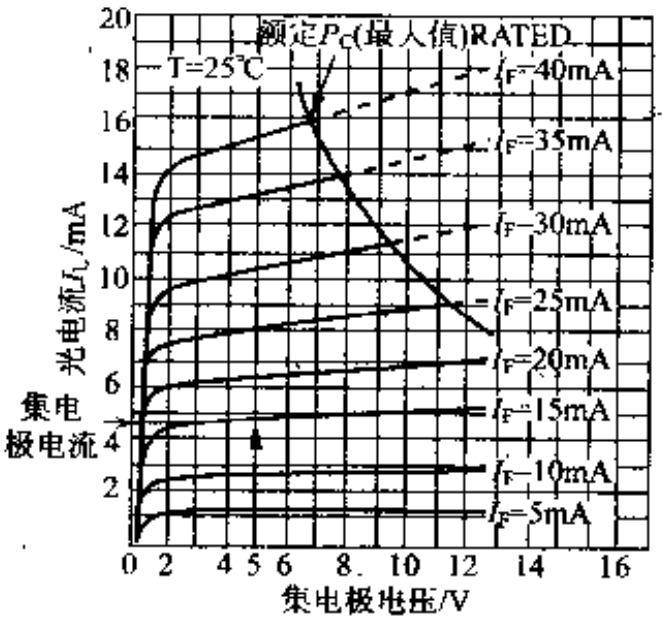


图 7　光传感器的输出特性曲线

④ 来自光敏三极管集电极端的信号与进入反相电路 IC 信号的关系。

当有光进入光敏三极管时，电流 I_{IL}（最大值 0.4mA）从 IC 流入光敏三极管

的集电极，此时的电流 I_{IL} 便叠加到流过光敏三极管的集电极与发射极之间的电流 I_L 上。因此，将电阻 R_L 取比计算值大，可减少从电源流出的电流。

另外，当没有光进入光敏三极管时，电流是通过电阻 R_L 流入反相电路 IC 的，此时 IC 作为信号"1"的接收者，必须有 2.5V 以上的电压 V_{IH}。因信号"1"的吸收电流 I_{IH} 最大值为 20μA，所以 R_L 上的电压降为：

$$R_L \cdot I_{IH} = 1\ 200 \times 0.000\ 02 = 0.02(V)$$

由于电源电压为 5V，所以 IC 上的输入电压 V_{IH} 就肯定要大于 2.5V。

练习题

1. 步进电动机不旋转时，若流过电流电动机也会产生转矩吗？
2. 光敏三极管中流过的电流是由所接收光的强度来决定的，光强度越强电流越大的说法对吗？

解答

1. 在步进电动机停止旋转时，借助对电磁铁的励磁，也会产生转矩。
2. 光敏三极管接收到光时，是由所接收光的强度来决定电流的，所以这种说法是对的。

10 微机控制(6)——步进电动机的往复控制装置



1 往复控制装置与微机的连接

如图 1 所示，把步进电机的往返移动控制装置连接到微机上。

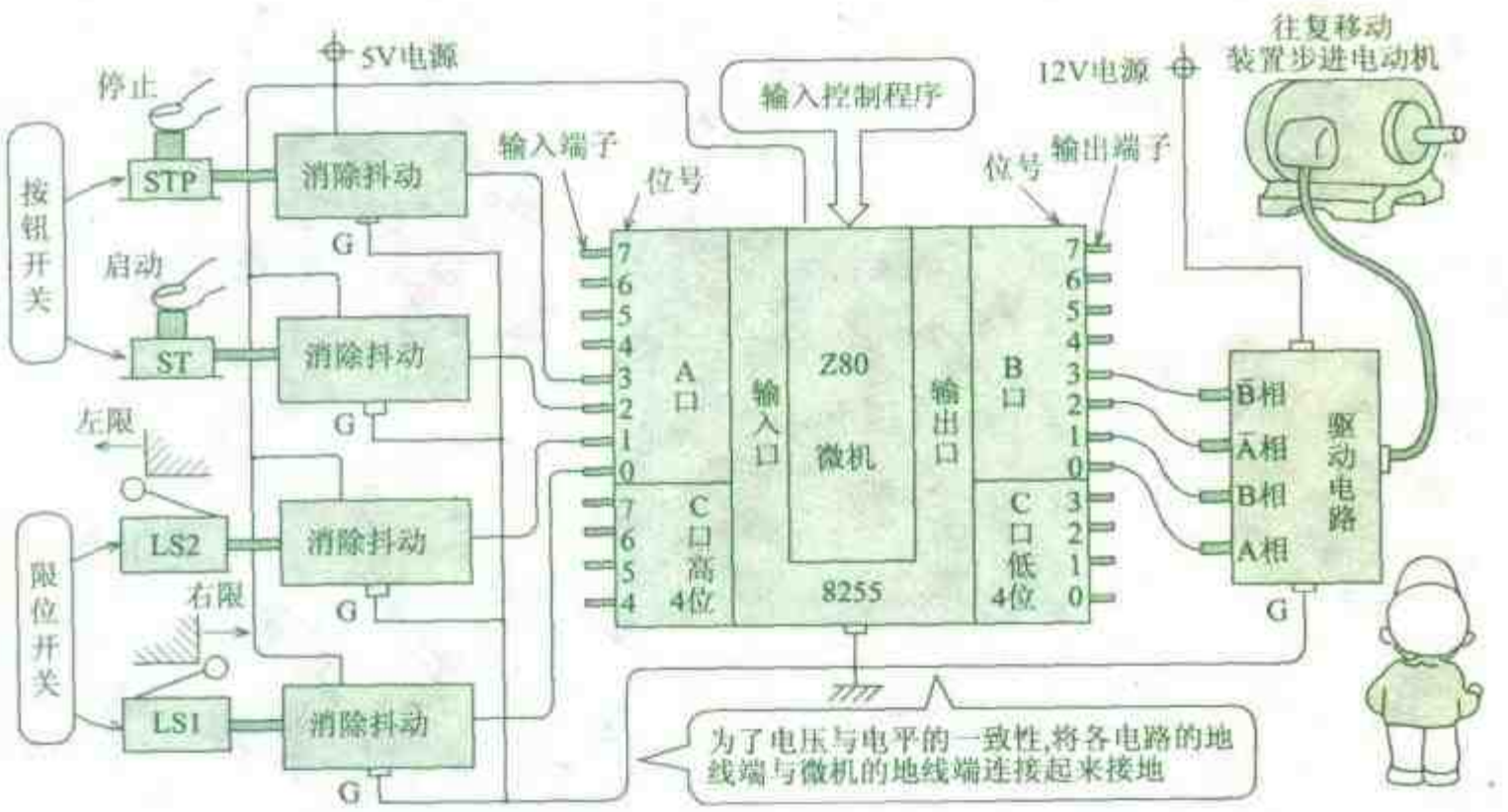


图 1　步进电动机与微机的连接

微机各 I/O(输入/输出)口(8255)的输入与输出规定如下：

A口　　输入

B口　　输出

C口:高端4位　输入

C口:低端4位　输出

将各开关通过消除抖动电路连接到A口的管脚上,接法如下:

第0位　　限位开关LS1

第1位　　限位开关LS2

第2位　　启动按钮ST

第3位　　停止按钮STP

将步进电动机通过驱动电路接到B口的管脚上,接法如下:

第0位　　A相

第1位　　B相

第2位　　$\overline{A}$相

第3位　　$\overline{B}$相

与微机连接时应当特别注意的是,为了使微机与其他电路的电压电平保持一致,必须将所有电路的地线端(G)与微机的地线端连接起来接地(和使用的电压没有关系)。

Ⅱ　微机的输出信号

图2采用两相线圈励磁的二相励磁方式,来驱动步进电动机旋转。

在图2方式下,从微机输出到各相的信号数据如表1所示,从B口的第0位到第3位为输出,同时,当励磁的顺序反过来时,就会反方向旋转("1"表示励磁,"0"表示没有励磁)。

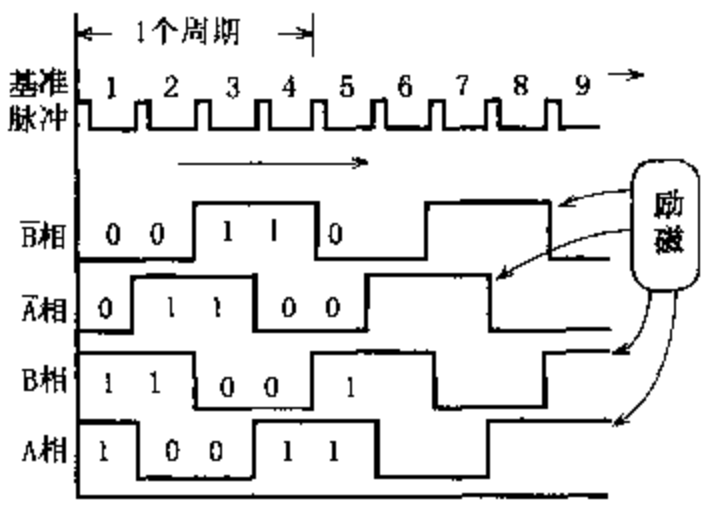


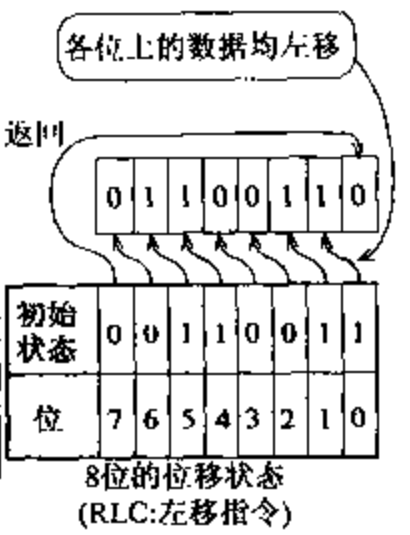
图2　二相励磁方式的状态

表 1　二相励磁方式的输出数据

(1:励磁)　(H:十六进制数)

第4位数据	3H	6H	CH	9H
第3位 B相	0	0	1	1
第2位 A相	0	1	1	0
第1位 B相	1	1	0	0
第0位 A相	1	0	0	1

输出数据(4位)



8位的位移状态
(RLC:左移指令)

Ⅳ　旋转输出信号的程序

如用表 1 的数据来输出时，最初的数据为 0011(3H)，然后将 11 依次左移，0011 也依次成为 0110，1100，1001，0011，如此反复进行。虽然在实际的电路中只使用 4 位就够了，但程序的运行命令都要用 8 位。所以用 8 位的初始输出数据为 00110011(33H)。接着用 RLC 指令将初始的数据左移 1 位，将这些数据依次输出时，低 4 位就表示表 1 所示的输出数据，高 4 位也是相同的数据，可根据需要进行处理。若要将旋转方向反过来，则可将移位的方向反过来，变成向右移位就行了。

但是，微机处理的时间是以微秒到纳秒为单位来计算的，对于步进电动机来说显然太快了。为了与步进电动机实际旋转所需的频率相适应，就必须用一段程序作为延时子程序(维持现状的延迟程序)，然后再输出数据。

另外，如再次启动仍以初始值 33H 来启动时，可能出现不符合上次停止时的励磁输出数据(可能不是 33H)，导致步进电动机转动不正常。需要再次启动时，必须知道停止时的励磁状态，再从这一状态下开始启动。为此要将存放在存储器中的初始数据更换为停止时的数据。

在实际的程序中，用程序 1(参见图 3)来处理，所列举的是基准脉冲，即一个脉冲的程序，把它反复 4 次，就输出一个周期。

程序 1 的说明：

① 将存储器地址码 0600H 输入到 HL 寄存器(因为地址是 16 位的，所以要用 H 与 L 两个 8 位寄存器)；

② 从由 HL 寄存器指出地址的存储器中，取出励磁用的输出数据送到 A

寄存器；

③ 将此数据从 B 口输出；

④ 将 A 寄存器中的数据移动(移位)1 位(正转：左移；反转：右移。)；

⑤ 将这一数据存放到地址为 0600H 的存储器中；

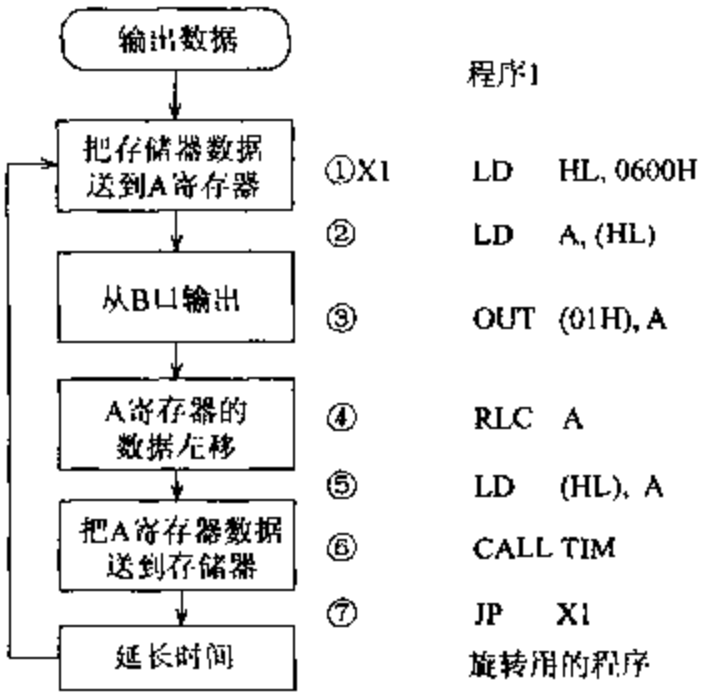
⑥ 使脉冲成为所需周期的脉冲，调用延时到所需周期的子程序；

⑦ 反复上述操作，产生连续的脉冲。

V　延时子程序

延时子程序可编制为，从某个数开始执行每次减 1 的反复操作，一直减到 0 为止的循环程序。若想再延长时间，可以再嵌套循环程序。其时间只取决于计算机的时钟周期与处理命令所需要的时钟脉冲数。

通过示波器观察波形，确定设置延长时间所需要周期的程序。微机的时钟周期为 0.001ms(时钟频率为 1MHz)时，延时约为 0.004 秒的子程序，如程序 2 所示(参见图 4)。

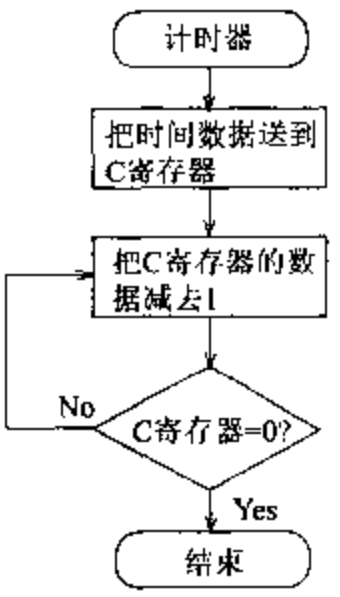


程序1

①X1	LD	HL, 0600H
②	LD	A, (HL)
③	OUT	(01H), A
④	RLC	A
⑤	LD	(HL), A
⑥	CALL	TIM
⑦	JP	X1

旋转用的程序

图 3　流程图 1



程序2

①TIM	LD	C, 0E7H
②X1	DEC	C
③	JP	NZ, X1
④	HALT	



延时程序

图 4　流程图 2

程序 2 的说明：

① 将维持现状的延长时间(0.005 0 秒时为 0E7H)送入 C 寄存器中；

② 从 C 寄存器的数据里减 1；

③ 检查 C 寄存器的数据是否已减到 0，在减到 0 之前一直重复执行②、③

的操作；

④ 返回主程序。

Ⅵ 简单移动程序的设计

设计一个按下启动开关，移动台就会在限位开关之间往复移动；按下停止开关，移动就停止的程序(参见图 5)。

动作要求

① 按启动开关；

② 步进电动机正转，移动台向右移动；

③ 移动台碰到右端限位开关 LS1；

④ 步进电动机反转，移动台向左移动；

⑤ 移动台碰到左端限位开关 LS2；

⑥ 步进电动机正转，移动台向右移动，重复执行②～⑤操作；

⑦ 若按下停止开关 STP，移动台立即停止。

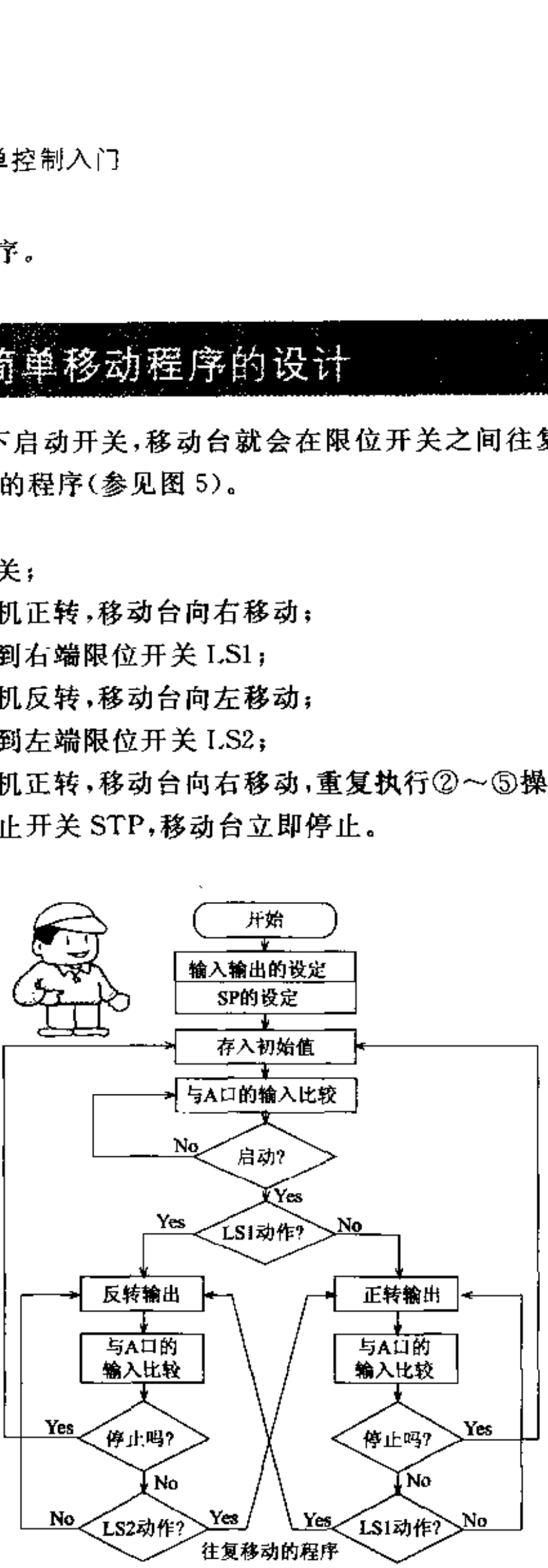


图 5 流程图 3

程序 3

```
1     LD  A,98H          19     BIT   1,A
2     OUT (03H),A        20     JP    Z,X3
3     LD  SP,0700H       21 X2  LD    A,(HL)
4     LD  HL,0600H       22     OUT (01H),A
5     LD  (HL),33H       23     CALL  TIM
6  X1 IN  A,(00H)        24     RRC   A
7     BIT 2,A            25     LD  (HL).A
8     JP  Z,X1           26     IN  A,(00H)
9     BIT 0,A            27     BIT 3,A
10    JP  NZ,X2          28     JP    NZ,X1
11 X3 LD  A,(HL)         29     BIT 0,A
12    OUT (01H),A        30     JP  Z,X2
13    CALL TIM           31     JP  X3
14    RLC  A             32 TIM LD  C,0E7H
15    LD   (HL),A        33 X5  DEC C
16    IN   A,(00H)       34     JP  NZ,X5
17    BIT  3,A           35     RET
18    JP   NZ,X1
```

程序 3 的说明

第 1 行　将指定各口为输入输出的控制字数据(98H)送入 A 寄存器中；

第 2 行　将 A 寄存器中的数据送入控制字寄存器；

第 3 行　设定堆栈，这是使用调用命令(CALL)时所需要的，SP 实际上是存储从子程序返回地址所用的存储器，称之为堆栈(SP)，堆栈指定了存储器的地址码；

第 4 行　将存放输出数据初始值的存储器地址码存入 HL 寄存器中；

第 5 行　将数据 33H(输出数据的初始值)存入已由 HL 寄存器指定地址码的存储器中；

第 6 行　将 A 口的数据输入 A 寄存器中；

第 7 行　提取 A 寄存器的第 2 位数据；

第 8 行　此数据为“0”则转到④，(若为“1”，因启动开关 ST 已按下，继续执行)；

第 9 行　提取 A 寄存器中的第 0 位数据；

第 10 行　此数据为“1”则转到㉑(因已压住限位开关 LS1，应转到反转程序)，若为“0”则继续执行；

(⑪～⑳为正转程序)

第 11 行 将由 HL 寄存器指定地址码的存储器中的数据送入 A 寄存器；
第 12 行 将 A 寄存器中的数据从 B 口输出；
第 13 行 调用延时子程序；
第 14 行 将 A 寄存器中的数据往左移位(执行移位指令)(正转)；
第 15 行 将 A 寄存器中的数据送入 HL 寄存器指定地址码的存储器中；
第 16 行 将 A 口的数据输入 A 寄存器中；
第 17 行 提取 A 寄存器中的第 3 位数据；
第 18 行 此数据为"1"则转到⑥(已按下了停止按钮 STP)；
第 19 行 提取 A 寄存器中的第 1 位数据；
第 20 行 此数据为"0"则转到⑪(判断是否压住了右端限位开关)；
第 21～31 行 反转程序；
第 32、33、34、35 行 延时子程序。

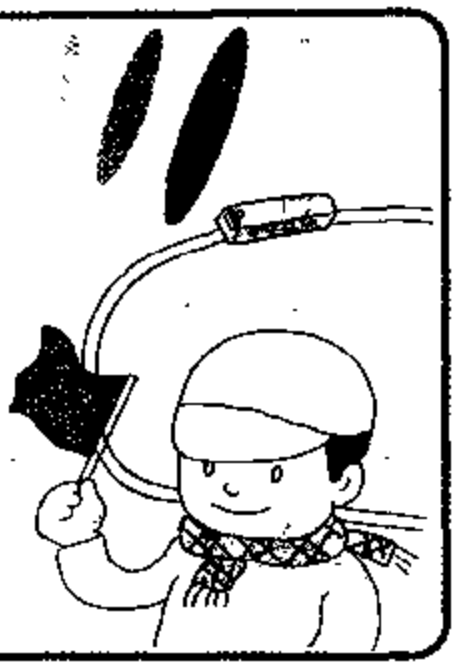
练习题

1. 用 4 位数据来移位就够用了，为什么还要用整个 8 位数据来移位？
2. 产生脉冲的程序中，为什么要加入延时子程序？

解答

1. 因为移位指令是用整个 8 位来进行的，不能只用其一半来移位。
2. 因微机处理的时间是以 μs 为单位的，为了得到控制所需要的较长脉冲周期，所以要加入延时子程序。

11 微机控制(7)——铁路模型的控制 I



现在来学习铁路模型的简单控制接口与绕两圈的程序(参见图 1)。

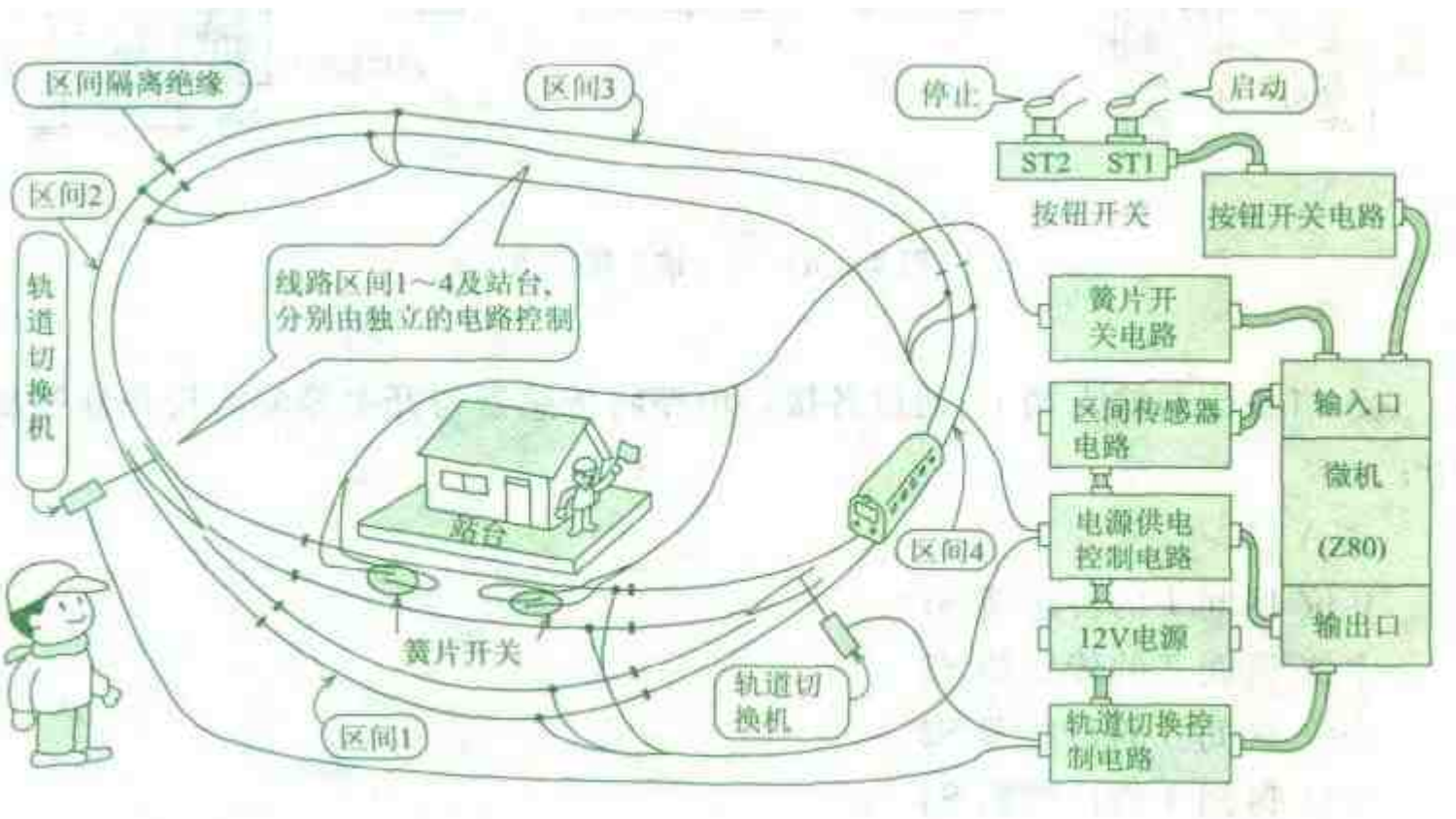


图 1　铁路模型配置图

I　微机与铁路模型电路的连接

图 2 中所示的微机各口的输入输出设定如下：

A 口(地址 00H)　　输入

B 口(地址 01H)　　输出

C 口(地址 02H)　　输出

• 控制字寄存器(地址 03H):控制字为 90H

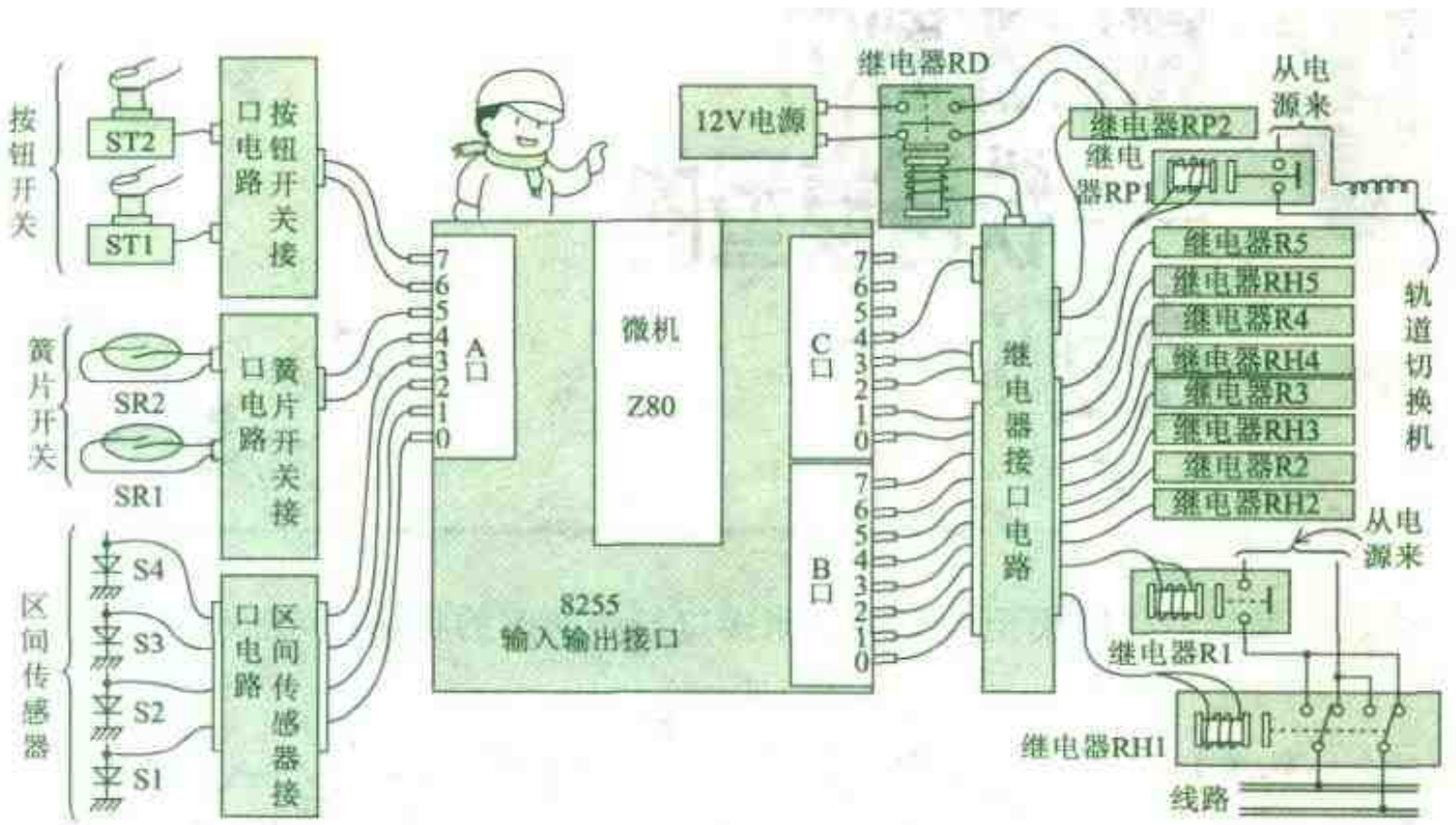


图 2　微机输入输出连线图

A 口各位的输入端子,通过各接口电路将传感器与开关等输入设备连接如下:

<A 口>

0 位 区间 1 的传感器 S1

1 位 区间 2 的传感器 S2

2 位 区间 3 的传感器 S3

3 位 区间 4 的传感器 S4

4 位 簧片开关 SR1

5 位 簧片开关 SR2

6 位 按钮开关 ST1

7 位 按钮开关 ST2

通过接口电路将输出的 B 口与 C 口各位按以下接法,连接到机器上:

<B 口>

0 位 改变行驶方向的继电器 RH1
1 位 停止行驶的继电器 R1　　} 区间 1

2 位 改变行驶方向的继电器 RH2
3 位 停止行驶的继电器 R2　　区间 2

4 位 改变行驶方向的继电器 RH3
5 位 停止行驶的继电器 R3　　区间 3

6 位 改变行驶方向的继电器 RH4
7 位 停止行驶的继电器 R4　　区间 4

<C 口>

0 位 停止行驶的继电器 R5
1 位 改变行驶方向的继电器 RH5　　站台

2 位 点转换继电器 RP1
3 位 点转换继电器 RP2
4 位 电源继电器 RD

*　按钮开关的接口电路如图 3 所示(参见本章第 6 节)。

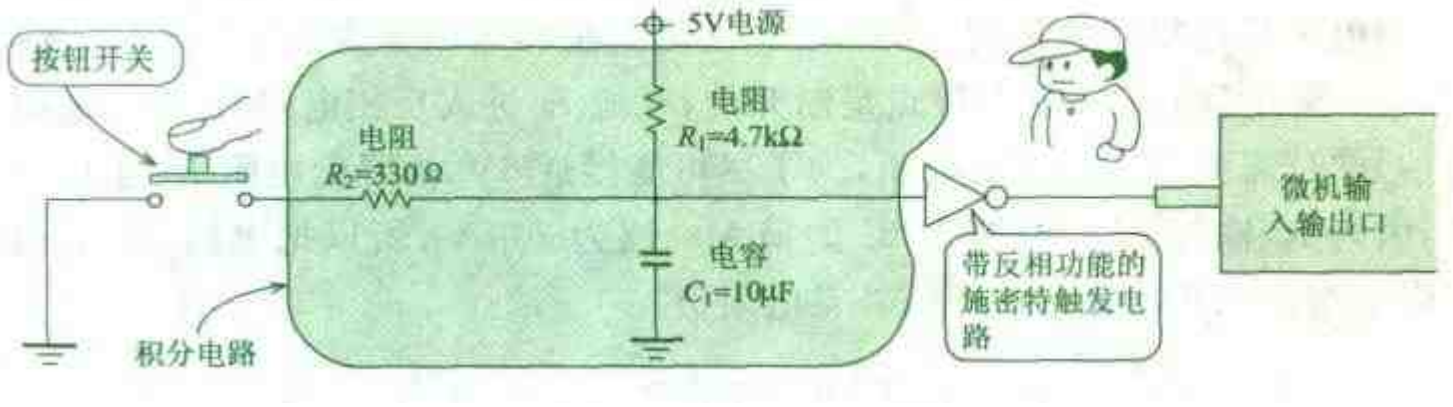


图 3　按钮开关接口电路

Ⅱ　簧片开关的接口电路

图 4 是将站台上传感器 SH1、SH2 的簧片开关连接到微机上的接口电路。

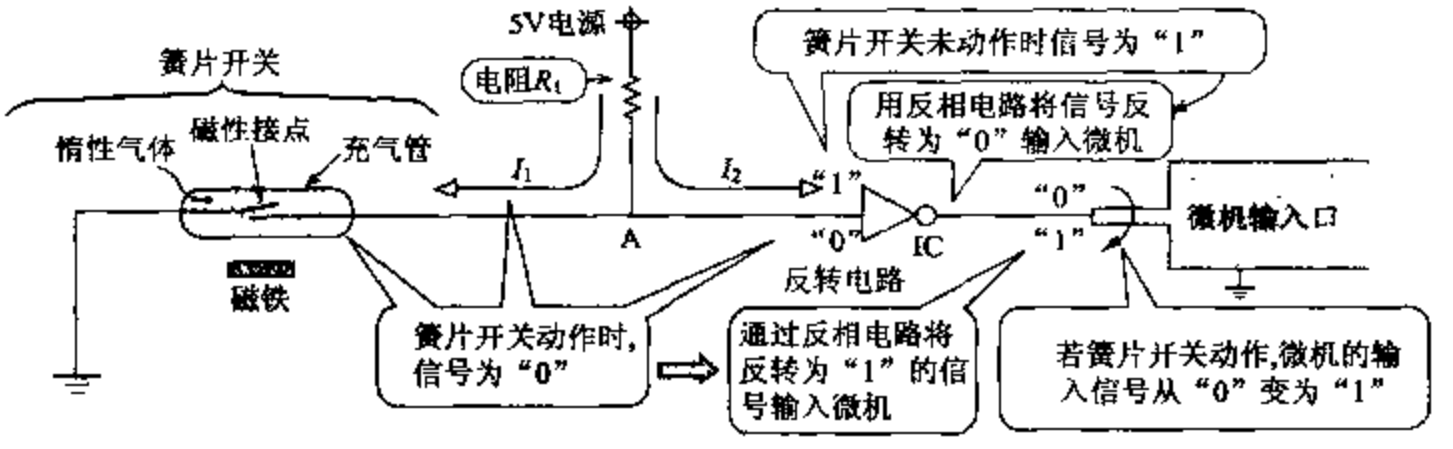


图 4　簧片开关接口电路

簧片开关是将磁性接点装入充气管中，并充满惰性气体密封后所组成的开关，通过磁铁的磁场来闭合接点，当磁铁离开，失去磁场，接点就断开。

把簧片开关设置在线路(轨道的中间)上，当底部带有磁铁的列车在簧片开关上方经过时，接点动作，将信号送入微机。同时，在站台的两端线路上安装簧片开关，可用来检测列车的到达位置。

·电路的说明·

① 簧片开关的一端接地，另一端通过电阻 R_1 连接 5V 电源；

② 电阻 R_1 是限制电流用的，防止簧片开关动作时，电源直接造成电流过大。其电阻值应保证簧片开关的电流 I_1 小于开关接点的允许电流。

例如设簧片开关的允许电流为 50mA(0.05A)，则电阻 R_1 为：

$$R_1=\frac{5\text{V}}{0.05\text{A}}=100\Omega$$

考虑安全系数，可用 1kΩ 以上的电阻；

③ 电阻 R_1 与簧片开关之间信号的提取。簧片开关动作，提取信号点(A点)的电压接地得到的是信号“0”，所以要通过反相电路变为信号“1”输入微机；

④ 簧片开关未动作时接点是断开的，电流 I_2 进入反相电路 IC 中。此时作为信号“1”需要 2V～5V 的电压，为了尽可能接近 5V，需降低电阻 R_1 上的电压降，因为 IC 输入为“1”时流入 IC 的最大电流为 20μA，所以把电阻 R_1 上的电压降限制在 0.5V，则可按下试算得电阻值

$$R_1=\frac{0.5\text{V}}{0.000\ 02\text{A}}=25\ 000\Omega=25\text{k}\Omega$$

取 25kΩ 以下即可。根据②的计算，应在 1 kΩ 以上，如使用 10 kΩ 的电阻，应进行验算。

簧片开关动作时流过的电流 I_1 为：

$$I_1=\frac{5\text{V}}{10\ 000\Omega}=0.000\ 5\text{A}=0.5\text{mA}$$

此值大大小于簧片开关接点的允许电流(50mA)。

簧片开关未动作时的最大电流 I_2 为 20μA，在 10kΩ 电阻上的电压降 V_R 为：

$$V_R=R_1\cdot I_2=10\ 000\Omega\times 0.000\ 02\text{A}=0.2\text{V}$$

通过以上验算可知，用 10kΩ 的电阻是完全可以满足要求的。

Ⅲ 区间的接口电路

图 5 是区间的传感器与微机连接的接口电路。铁路模型中常采用这种电

路，在线路的电源电路的地线前串联两个二极管，从正极(阳极)端取出信号。

电车驶入该区间的线路，区间供电电路上流过电流，电流在二极管的两端造成的电压降为 0.7V，两个二极管上的信号电压是 1.4V。

基极输入电压超过 0.6V 时，晶体管导通，从晶体管的集电极提取信号与微机相连接。

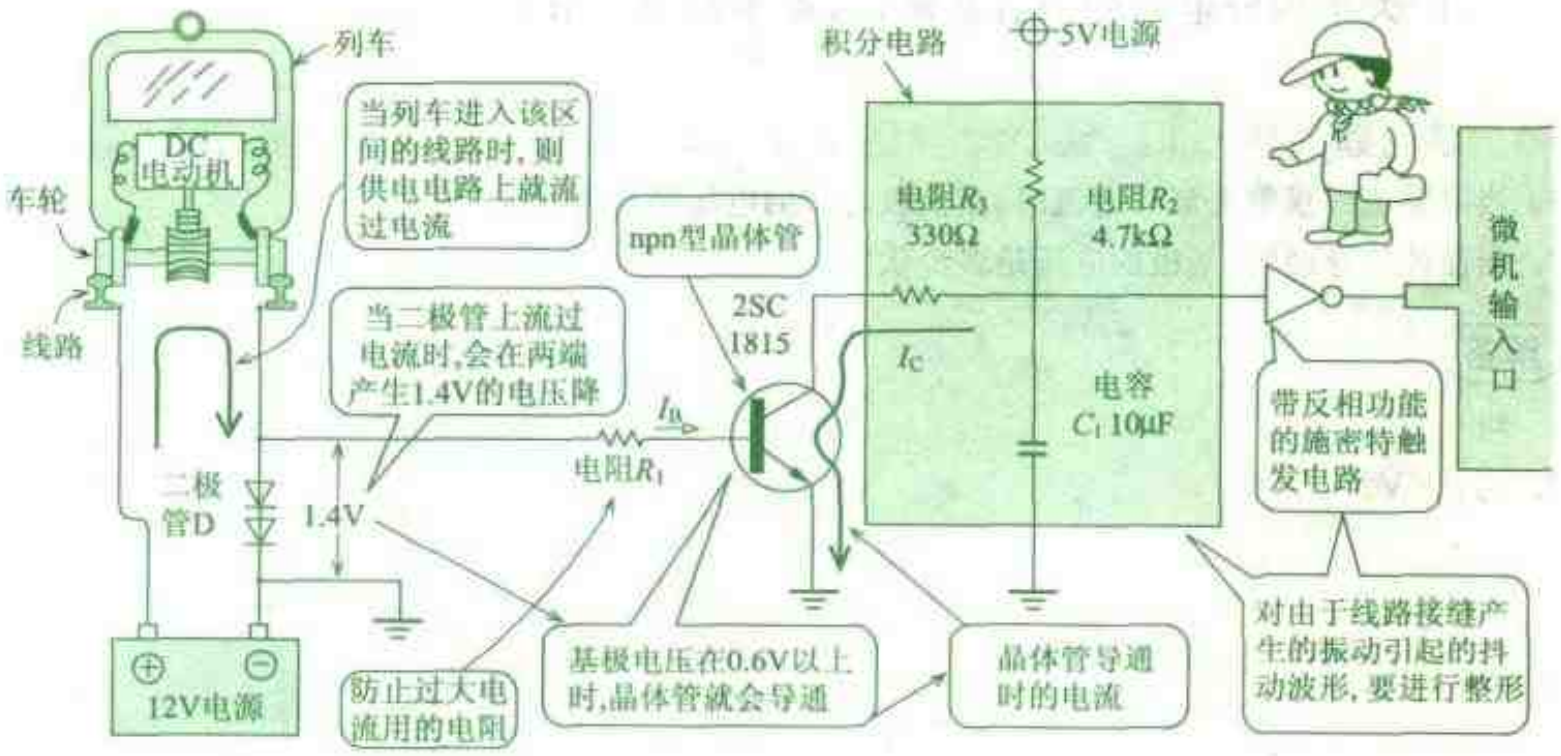


图 5　区间传感器的电路

应当注意，当列车改变行驶区间时，由于线路的接缝产生的振动会引起信号波形的抖动，因此从晶体管输出的信号要通过积分电路与施密特触发电路进行整形，再输入微机。当列车驶入区间时，从晶体管的集电极取得的信号为“0”，要用带反相功能的施密特触发电路将信号变为“1”。

·电路说明·

① 在向区间供电电路的地线的前面，接入两个硅整流二极管，其额定电压应大于电源电压，额定电流为模型电车最大使用电流的 2～3 倍以上；

② 晶体管使用 npn 型的 2SC1815，电流放大系数(h_{FE})为 120；

③ 为了限制流过晶体管基极的过大电流。二极管的正极接入电阻 R_1，基极电流 I_B 由集电极电流 I_C 与电流放大系数 h_{FE} 来决定。集电极的电流可从积分电路的电阻 R_2(4.7kΩ)与 R_3(330Ω)求得：

$$I_C=\frac{V_{CC}}{(R_2+R_3)}=\frac{5V}{(4\,700\Omega+330\Omega)}\approx 0.001A=1mA$$

晶体管的电流放大系数(h_{FE})是 120，基极电流 I_B 为：

$$I_B=\frac{I_C}{h_{FE}}=\frac{0.001}{120}$$

$$=0.000\ 008\text{A}=8\mu\text{A}$$

取电阻 R_1 为 330Ω，此时的电压降非常小，V_{R1} 为：

$$V_{R1}=330\Omega\times 0.000\ 008\text{A}=0.002\ 6\text{V}$$

虽然电压很小，但使晶体管导通是不成问题的；

④ 关于积分电路的内容从略(参见本章第 6 节)。

练习题

1. 当硅整流二极管上流过电流时，正负极之间的电压降是多少伏？
2. 当晶体管导通时，基极的电压是多少伏？

解答

1. 约 0.7V。
2. 约 0.6V。

12 微机控制(8)——铁路模型的控制Ⅱ



现在来学习铁路模型的线路供电电源的控制电路和轨道切换接口电路的控制程序。

Ⅰ 供电电源电路

在电气上将线路分为五个独立的供电区间(参见图 4),分别对所属的供电电源的电路进行控制,改变行驶方向以及通断,均采用继电器的接点来进行控制,而继电器则由微机来控制。

图 1 所示的供电电源电路,是各区间通用的,与微机的连接与前面介绍的相同,继电器的编号与区间的编号一致,站台之间的继电器编号有五个号码(参见本章第 11 节)。

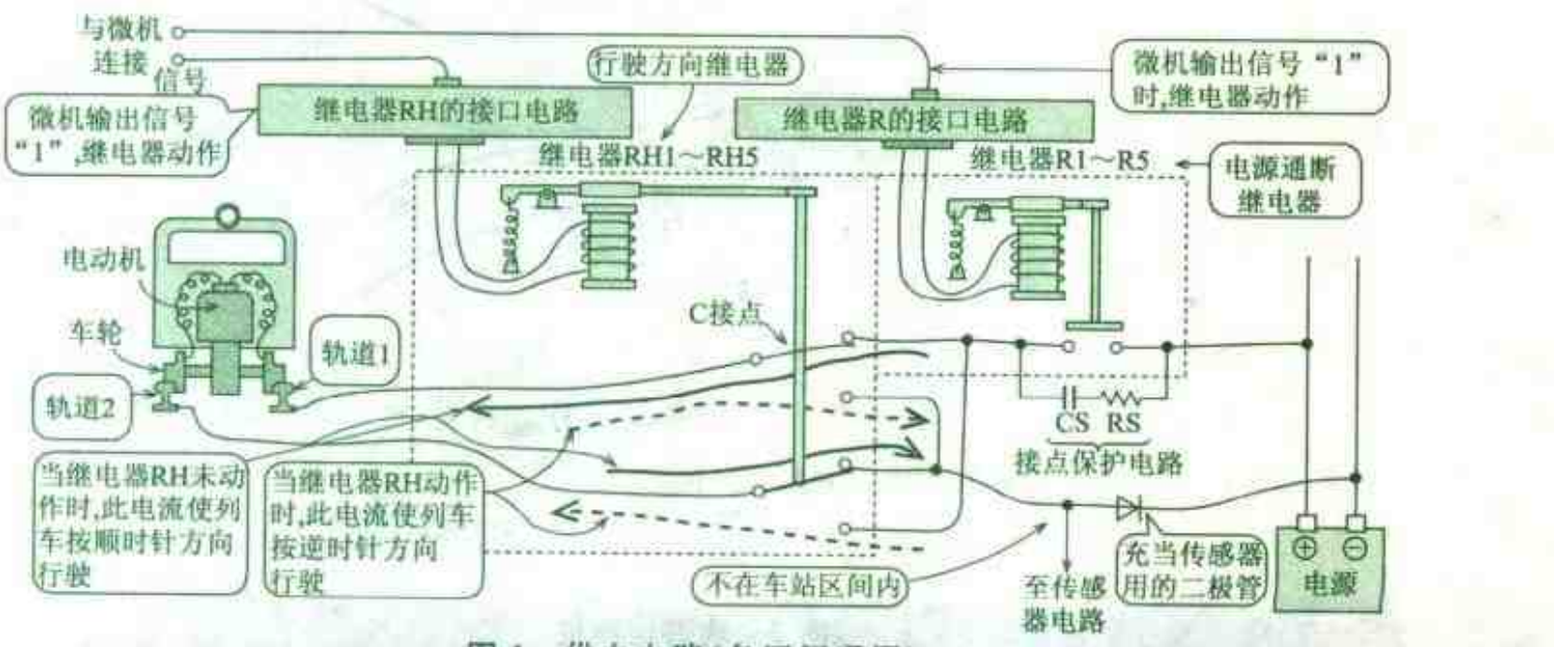


图 1　供电电路(各区间通用)

·电路说明·（参见图 1）

① 该区间内的线路上行驶的列车只有一列，列车行驶所需的电流为0.7A，但是考虑到启动时产生的电流过大，继电器接点的额定电流应取 5A 以上，继电器线圈的工作电压为直流 12V；

② 电源用的继电器 R1～R5，以 a 接点（常开接点）接在电源的正端；

③ 行驶方向控制的继电器 RH1～RH5 使用两个转换接点（c 接点），按电路所示连接。继电器未动作时，电源正极接轨道 1，电源负极接轨道 2；继电器动作时，则反过来连接，电流方向也相反；

④ 在接通、切断电动机等感应负荷时，会产生相当高的反电势，因此会引起接点之间的电弧放电，使接点损坏或产生对微机有不良影响的噪声干扰。因此要在继电器 R1 的接点上并联电阻 RS 与电容 CS，以吸收反电势。

所用电阻与电容的标准值为：

$RS=50\sim100\Omega$

$CS=1\sim2\mu F$

在使用时，可根据具体情况和使用条件变更其数值。

Ⅱ　轨道切换机用的接口电路

用于铁路模型的轨道切换机有多种，现采用图 2 所示的。它是由弹簧和螺线管构成的，在靠近要接合线路的一边设置弹簧，而流过电流的螺线管则设置在靠近线路另一边的机构上。

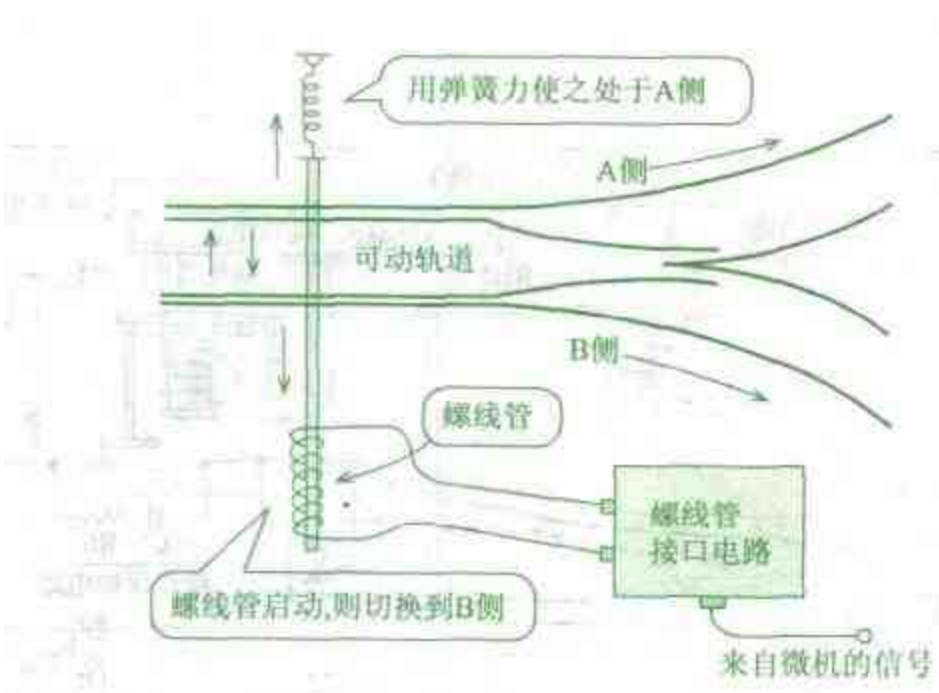


图 2　轨道切换机

接口电路如图 3 所示，来自微机的信号使晶体管导通，流过螺线管上的电流构成回路，电路与继电器接口电路相同，再次说明是为了加深印象。

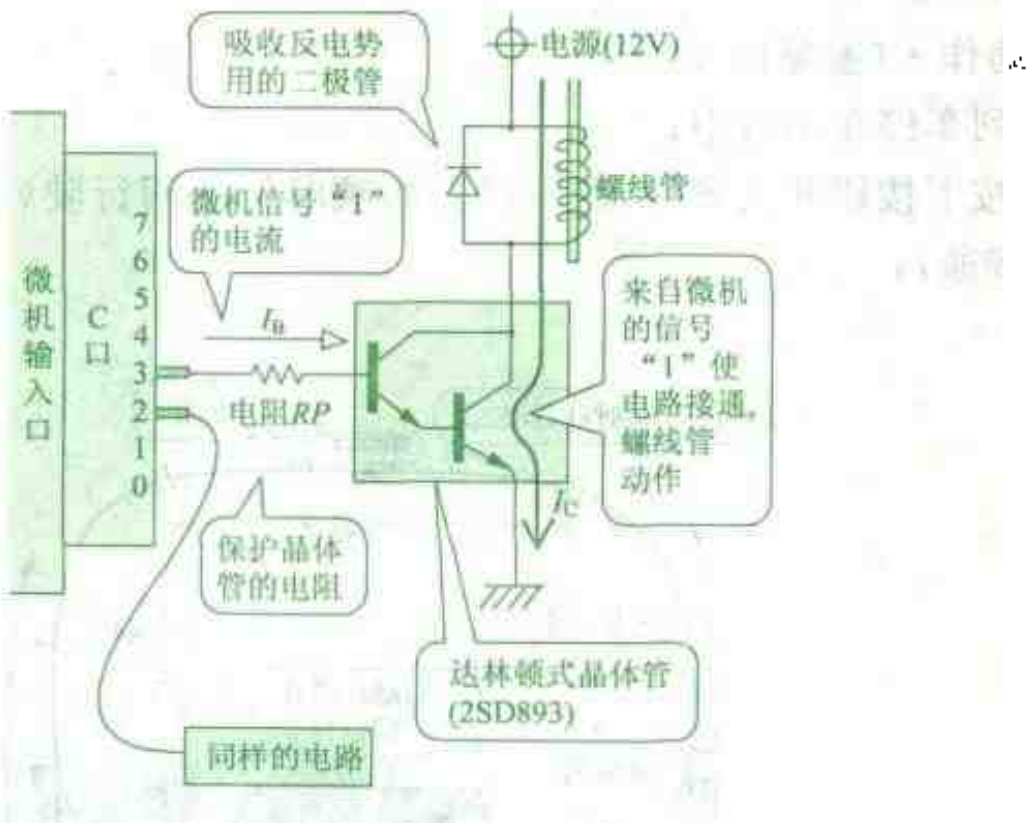


图 3　螺线管的接口电路

·电路说明·

① 电源的正极通过螺线管连接晶体管的集电极，发射极接地(负极)；

② 与继电器一样，螺线管也是感应负荷，为了吸收其反电势，把二极管与螺线管并联连接；

③ 设螺线管的工作电流为 0.1A，这就是流过集电极的电流 I_C，为了安全起见，使用晶体管最大集电极允许电流为 1A 的 npn 型达林顿式晶体管(2SD893)；

④ 微机的输出端子通过电阻 *RP* 连接到晶体管的基极上。

此时晶体管的电流放大系数(h_{FE})在 2 000 倍以上。因基极电流就是微机输出信号为"1"的电流值(0.2mA)，所以可用下列式子求得集电极电流

$$I_C = h_{FE} \times I_B = 2\,000 \times 0.2\text{mA} = 0.4\text{A}$$

输出信号"1"使晶体管导通，螺线管中将流过 0.4A 以上的电流。

螺线管断电时，保持在 A 侧，与站台一侧的区间的线路接合。螺线管通电时，切换到 B 侧，即区间 1 的一侧(参见图 2、图 4)。

Ⅲ 顺时针、逆时针各行驶两圈的程序

·动作·(参见图 4)

① 列车停在站台中;

② 按下按钮开关 ST1,列车就开始顺时针绕圈行驶(站台区间与区间 2、3 的电源接通);

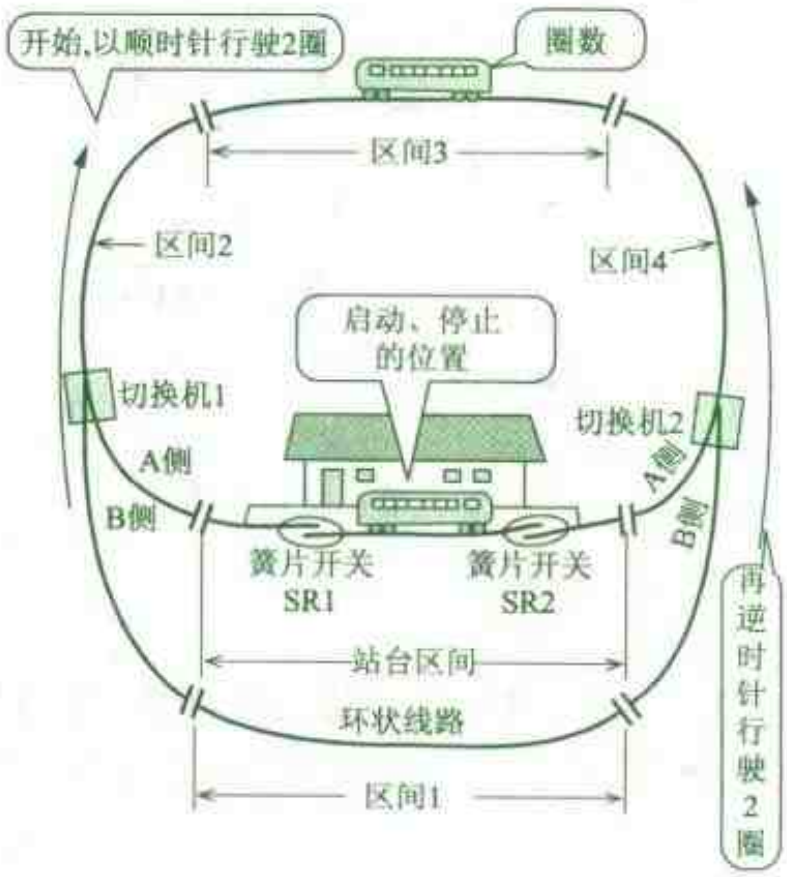


图 4 绕圈线路的配置图

③ 到达区间 3,两个切换机都应在 B 侧,列车沿区间的一侧绕圈行驶,区间 1、3、4 的电源接通;

④ 列车进入区间 1,切换机 2 切换到 A 侧(所有区间的电源均接通);

⑤ 列车通过区间 2、3、4 进入站台区间,簧片开关 SR1 检测到列车的到达,列车停驶,切换机复位(A 侧)(所有区间的电源都切断);

⑥ 停车约 3 秒钟,以逆时针方向绕圈行驶(在区间 3、4 与站台区间的电源接通);

⑦ 驶入区间 3,则两个切换机切换到 B 侧,列车沿着区间 1 另一侧绕圈行驶(区间 1、2、3 电源接通);

⑧ 列车进入区间 1,切换机复位(A 侧)(所有区间电源都接通);

⑨ 列车通过 4、3、2 区间进入站台间，簧片开关 SR2 检测到列车到达，切断电源，列车停驶，两个切换机复位(A 侧)，动作结束，按下按钮 ST1(所有区间电源均切断)。

·动作与微机输出的信号·

① 行驶方向：输入继电器 RH1～RH5 的信号，顺时针方向为“0”，逆时针方向为“1”；

② 电源：输入继电器 R1～R5 的信号，ON 为“1”，OFF 为“0”；

③ 切换机：输入继电器 RP1～RP2 的信号，A 侧为“0”，B 侧为“1”；

程序及其说明参见表 1。输入输出数据参见表 2。

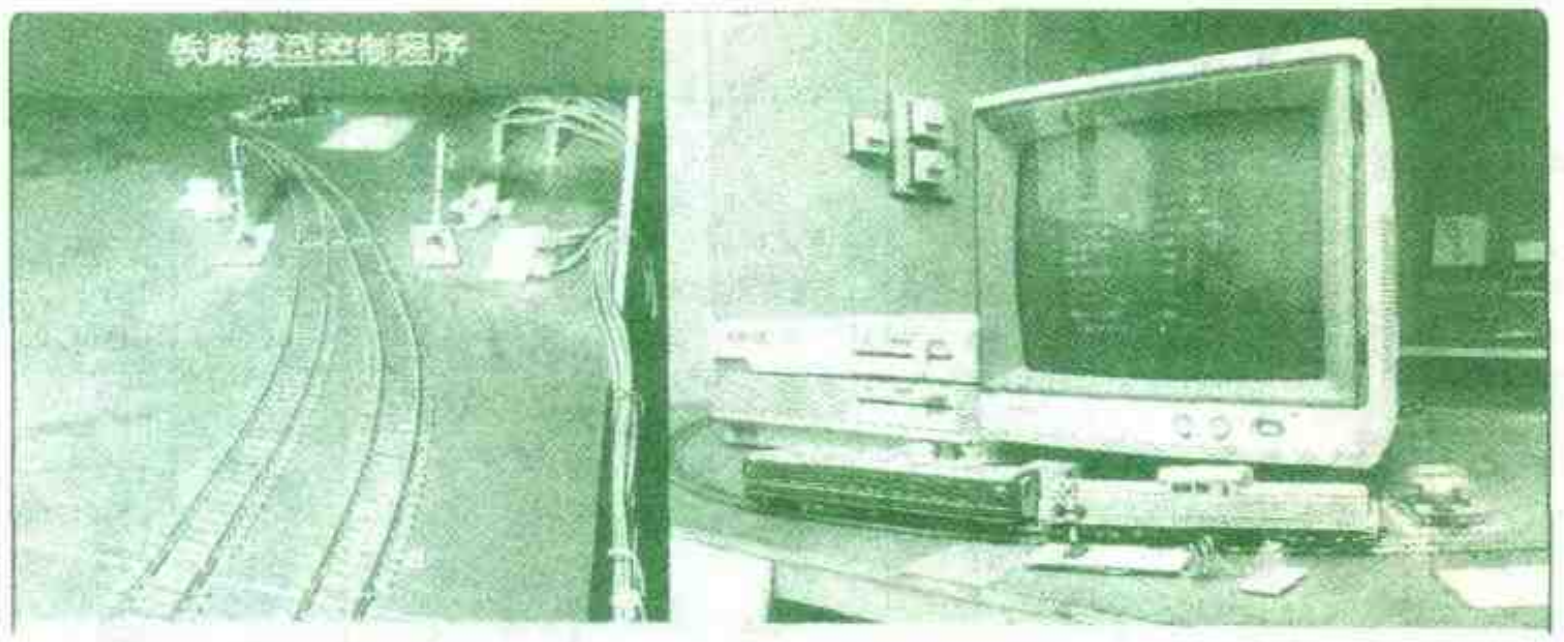


表 1　铁路模型控制程序

No	标记	指令	操作数	说　明	地址	机器码
1		LD	A,90H	设置 A 口为输入口	0000	3E 90
2		OUT	(03H),A	B、C 口为输出口	0002	D3 03
3		LD	SP,0700H	设置堆栈的地址号为 0700	0004	31 00 07
4		LD	A,00H	将初始状态从 B、C 口输出	0007	3E 00
5		OUT	(01H),A		0009	D3 01
6		LD	A,00H		000B	3E 00
7		OUT	(02H),A		000D	D3 02
				(NO;8～71)		
8	START	LD	B,40H	开始顺时针行驶的处理： B 寄存器：输入的比较数据	000F	06 40
9		LD	C,28H		0011	0E 28
10		LD	D,02H	C 寄存器：B 口的输出数据 D 寄存器：C 口的输出数据	0013	16 02
11		CALL	SYORI	·SYORI：数据处理的程序 (以下相同)	0015	CD 5C 00

续表 1

No	标记	指令	操作数	说　明	地址	机器码
12		LD	B,04H	进入区间 3 时的处理（顺时针绕圈行驶）	0018	06 04
13		LD	C,0A2H		001A	0E A2
11		LD	D,0CH		001C	16 0C
15		CALL	SYORI		001E	CD 5C 00
16		LD	B,01H	进入区间 1 时的处理（顺时针绕圈行驶）	0021	06 01
17		LD	C,0CCH		0023	0E CC
18		LD	D,06H		0025	16 06
19		CALL	SYORI		0027	CD 5C 00
20		LD	B,10H	进入站台区间时的处理	002A	06 10
21		LD	C,00H		002C	0E 00
22		LD	D,00H		002E	16 00
23		CALL	SYORI		0030	CD 5C 00
24		CALL	TIM	暂停的时间处理	0033	CD 69 00
25		LD	A,03H	开始逆时针行驶时的处理	0036	3E 03
26		OUT	(02H),A		0038	D3 02
27		LD	A,0F5H		003A	3E F5
28		OUT	(01H),A		003C	D3 01
29		LD	B,04H	进入区间 3 时的处理（逆时针绕圈行驶）	003E	06 04
30		LD	C,7FH		0040	0E 7F
31		LD	D,0EH		0042	16 0E
32		CALL	SYORI		0044	CD 5C 00
33		LD	B,01H	进入区间 1 时的处理（逆时针绕圈行驶）	0047	06 01
34		LD	C,0FFH		0049	0E FF
35		LD	D,0BH		004B	16 0B
36		CALL	SYORI		004D	CD 5C 00
37		LD	B,20H	进入站台区间时的处理	0050	06 20
38		LD	C,00H		0052	0E 00
39		LD	D,00H		0054	16 00
40		CALL	SYORI		0056	CD 5C 00
41		JP	START	·返回到开始顺时针行驶时的处理	0059	C3 0F 00
42	SYORI	IN	A,(00H)	数据处理子程序： ·将 A 口的输入数据与 B 寄存器的数据相比较(减法)，若相同(结果为 0)，则将 D 寄存器中的数据从 B 口输出；将 C 寄存器中的数据从 C 口输出	005C	DB00
43		SUB	B		005E	90
44		JP	NZ,SYORI		005F	C2 5C 00
45		LD	A,D		0062	7A
46		OUT	(02H),A		0063	D3 02
47		LD	A,C		0065	79
48		OUT	(01H),A		0066	D3 01
49		RET			0068	C9
50	TIM	LD	E,04H	时间处理子程序： ·当微机的时钟脉冲为 1MHz 的场合下，延时约为 3 秒	0069	1E 04
51	T2	LD	H,0FFH		006B	26 FF
52	T1	LD	L,0FFH		006D	2E FF
53		DEC	L		006F	2D
54		JP	NZ,T1		0070	C2 6D 00
55		DEC	H		0073	25
56		JP	NZ,T2		0074	C2 6B 00
57		DEC	E		0077	1D
58		JP	NZ,TIM		0078	C2 69 00
59		RET			007B	C9

表 2　输入输出数据

口		A 口(输入)									B 口(输出)									C 口(输出)								
位号		7	6	5	4	3	2	1	0	输入数据十六进制	7	6	5	4	3	2	1	0	输出数据十六进制	7	6	5	4	3	2	1	0	输出数据十六进制
		按钮开关 ST1	按钮开关 ST2	簧片开关 SR2	簧片开关 SR1	区间传感器 S4	区间传感器 S3	区间传感器 S2	区间传感器 S1		区间 4		区间 3		区间 2		区间 1							转辙器 2 RP2	转辙器 1 RP1	站区间		
											电源 R4	方向 RH4	电源 R3	方向 RH3	电源 R2	方向 RH2	电源 R1	方向 RH1								电源 R5	方向 RH5	
初始状态		0	0	0	0	0	0	0	0	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00
顺时针方向行驶	开始行驶	0	1	0	0	0	0	0	0	40	0	0	1	0	1	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	1	0	02
	进入区间 3	0	0	0	0	0	1	0	0	04	1	0	1	0	0	0	1	0	A2	0	0	0	0	1	1	0	0	0C
	进入区间 1	0	0	0	0	0	0	0	1	01	1	0	1	0	1	0	1	0	CC	0	0	0	0	0	1	1	0	06
	进入站台	0	0	0	1	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00
逆时针方向行驶	开始行驶	0	0	0	0	0	0	0	0	00	1	1	1	1	0	1	0	1	F5	0	0	0	0	0	0	1	1	03
	进入区间 3	0	0	0	0	0	1	0	0	04	0	1	1	1	1	1	1	1	7F	0	0	0	0	1	1	0	1	0E
	进入区间 1	0	0	0	0	0	0	0	1	01	1	1	1	1	1	1	1	1	FF	0	0	0	0	1	0	1	1	0B
	进入站台	0	0	1	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00
结束，待机		0	0	0	0	0	0	0	0	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00

开关：(ON＝1；OFF＝0)

行驶方向：(顺时针＝0；逆时针＝1)

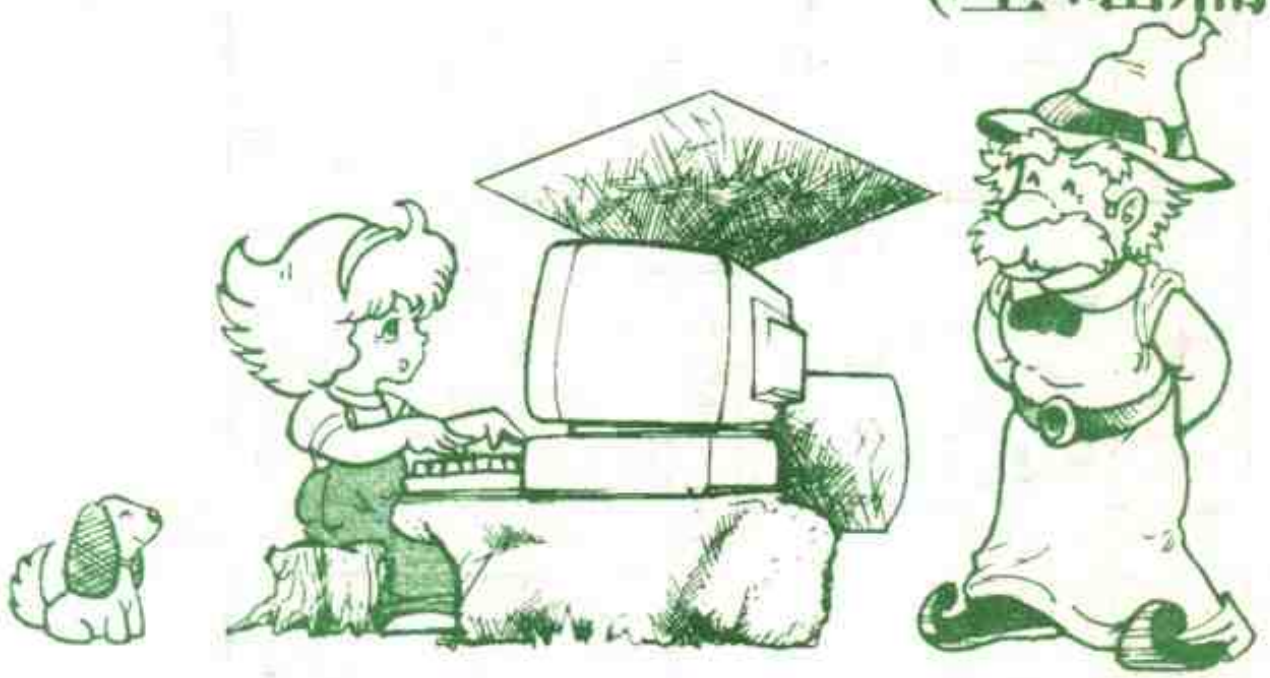
电源：(启动＝1；停止＝0)

区间传感器：(有车进入＝1；无车进入＝0)

转辙器：(A 侧＝0；B 侧＝1)



第3章
使用个人计算机的简单控制入门(基础篇)



本章的学习内容

在控制机械中安装计算机，是实现当今世界所提出的省力化、自动化、无人化等要求的最佳选择，它以FA（工厂自动化）的形式，在设计、研究、检验、生产管理和物流等领域中迅速地扩展，并在制造工程中占据重要的地位。

能运用这种计算机控制的机械，对工业技术学者或现场的技术人员都是很重要的。为了充分发挥计算机控制的作用，掌握基本知识，是非常重要的。

如果一开始就接触难懂的知识，则会觉得难以消化吸收。所以先学习基础的东西，像小学生“识字”那样，从基础的“读、写、算”开始。

在学习计算机的入门阶段，需要一边学习理论，一边进行切身体验，这是进入下一步学习前必不可少的阶段。

这一章里，作为切身体验计算机的入门阶段，其目的是以常见的个人计算机PC98为基础，学习计算机控制中必须的“接口制作”，并利用它来控制简单的“LED点亮/熄灭电路”等内容。

1 制作接口



Ⅰ 个人计算机控制的普及

我们身边随处可见的洗衣机、电冰箱、电饭煲等家电产品，都应用了微机控制或计算机控制。

在工厂中，机器人代替了工人，它以指示灯的点亮/熄灭代替了出汗的同时，时快时慢地像人一样地工作。

机器人的移动、张开机械手、移动手腕等动作和当温度高时打开电风扇等的控制，是可以通过它们与计算机之间的某种设定来实现的。下面利用人们常用的台式计算机和掌上电脑，通过实际制作接口电路与驱动部分的执行机构，来进行系统的介绍。

Ⅱ 个人计算机控制的结构

大家已经学过一些微机的知识，在这里，通过图 1 所示机械手的动作，再一次来体会一下个人计算机控制的构思过程。

机械手的动作必须由个人计算机发出命令，但它所发出的命令是不能直接使机械手动作的，需要在机械手与个人计算机之间加入接口，通过接口使来自个人计算机的输出信号转换为能使驱动装置动作的控制信号，并且接口也起传输信号的中介作用，即把来自机器人等控制对象的控制状态信号反馈给计算机，或者把这种信号变为经计算机处理后的输出信号。

从根本上来说，个人计算机控制需要的就是编制能让个人计算机、接口、驱

动部分按要求进行工作的程序。

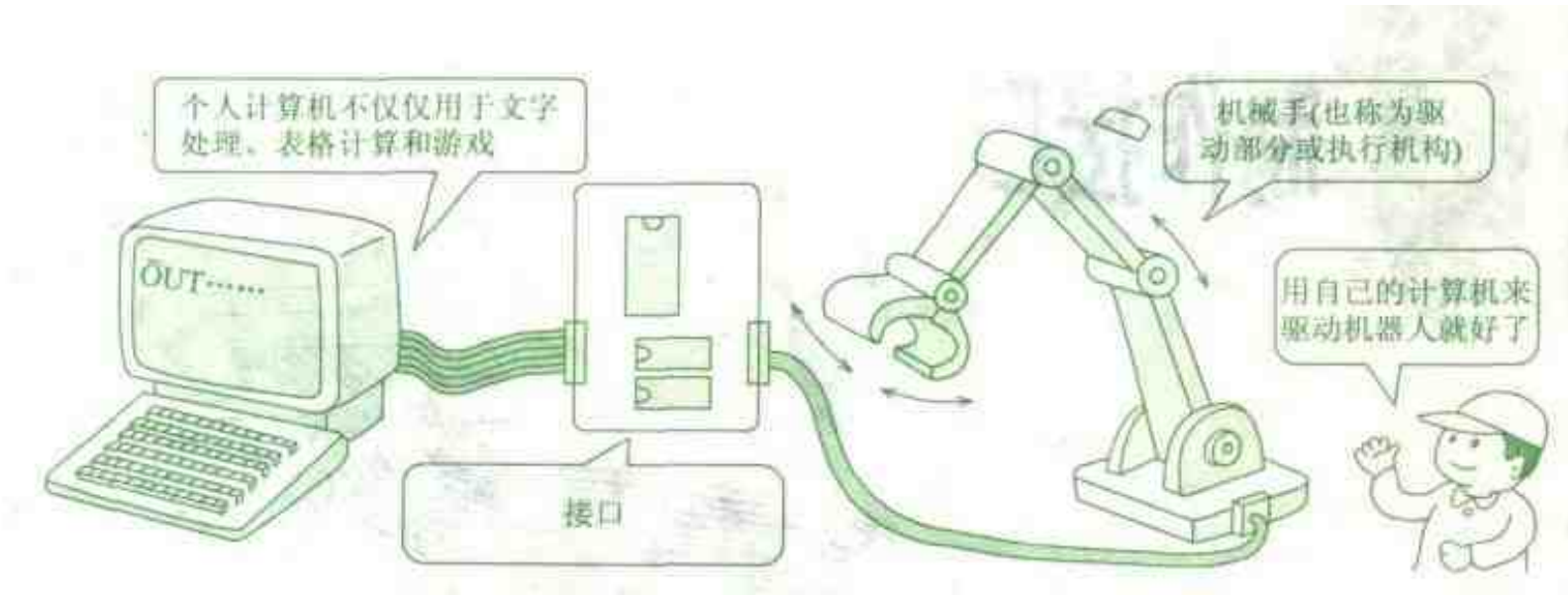


图 1　个人计算机的控制(机械手驱动)的构思

Ⅲ　接口系统

图 2 为计算机与接口以及作为执行机构的电动机驱动电路连接的例子。

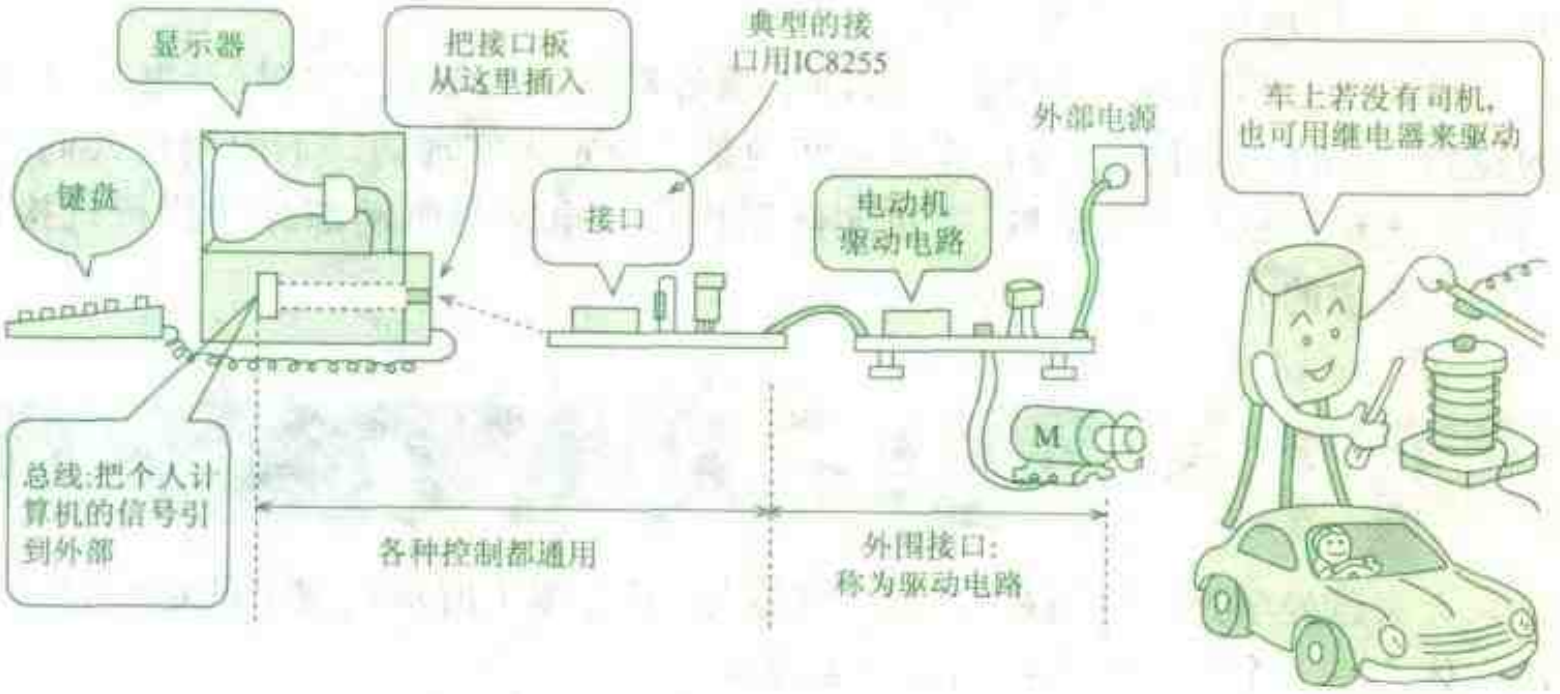


图 2　个人计算机与接口的连接

如图 2 所示,与个人计算机的连接是将接口板(I/O 板＝输入输出板)插入机箱内部的扩展槽里。通过这块板,将信号线引出来,连接到驱动电路(参见图 5)。

若接收到来自 CPU 的“ON”命令,通过接口转换为图 2 所示的驱动电动机

的控制信号(AC100V 等的 ON 或 OFF),就能控制电动机旋转。

驱动电路可根据控制对象的不同进行某些变动,但对于各种各样的执行机构的来说,其接口都可以做成通用的。

再则,接口是个人计算机控制的重要部分,把接口后面与驱动部分相联系的电路部分,均称为"外围接口"。就是使驱动部分工作的电路,也称驱动电路。例如步进电动机或继电器等,作为控制对象都要根据控制对象选用适当的驱动电路。

如此说来,我们就更有必要来动手制作个人计算机控制用的关键部分——接口了。

Ⅳ 接口的制作

个人计算机有许多类型,现以最常用的 NEC 公司制造的 PC-9801 为例进行介绍。

因为它的基本电路结构也是与其他个人计算机相同的,所以只要考虑按它的各种信号线来使用就行了。

根据需要,也会介绍一些有关其他计算机控制的内容。

查阅硬件手册

在购买个人计算机时都附带有硬件手册、说明书或 BASIC 手册等,拿到手后必须翻开认真阅读,有时会发现手册内容有出入,那有可能是多个人装箱时造成的差错。刚开始制作接口的人,手头必须有硬件手册,以便一边查阅,一边确认硬件,应在真正理解的基础上开展工作。

据说,有许多所谓的使用方法对接口来说是非常危险的。从扩展槽里引出的信号线的数量很多,有标记 A 与标记 B 各 50 根。若不小心,电源的正、负极接错,则会损坏个人计算机。

您如果从现在开始使用个人计算机,务必仔细查阅以下的有关内容:

① 系统概要的页码

首先要查阅系统的方框图,找出所带扩展槽的位置。

② 槽的信号的页码

在查阅手册上的扩展槽的信号时,要从图 3 所示的角度去看。并且,槽的管脚的排列位置如图 4 所示。



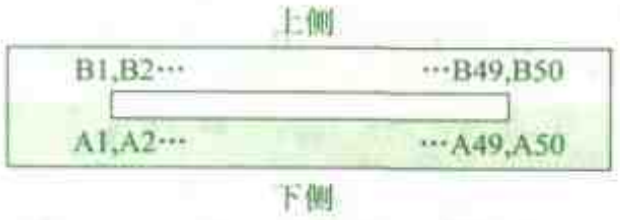


图 3　PC98 槽的管脚排列

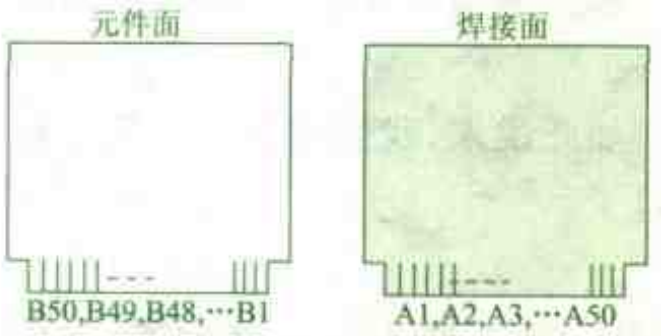


图 4　PC-9801 扩展槽总线的连接

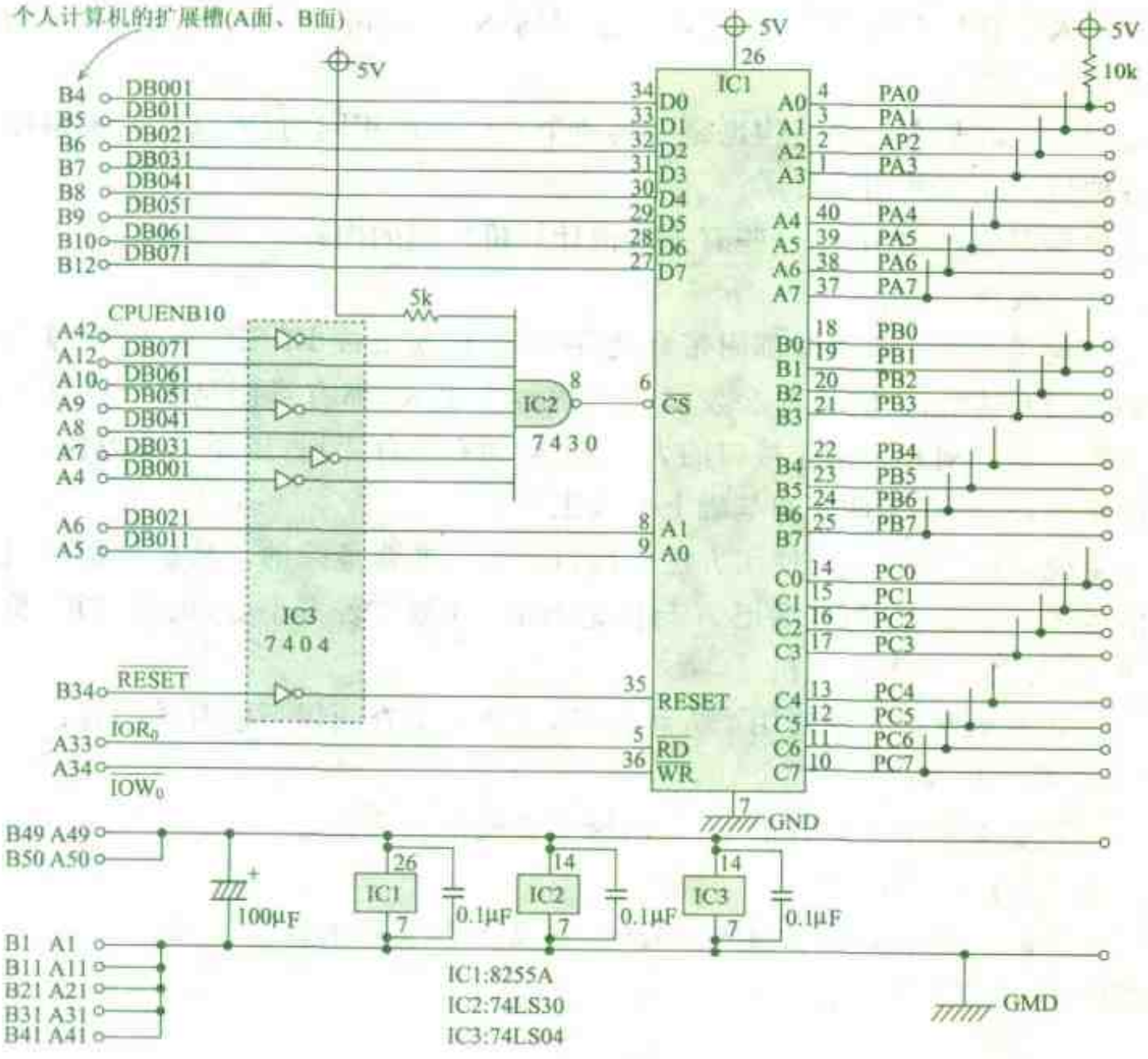


图 5　接口电路图

③ 增设扩展槽的页码

这里也会说明要增设扩展板时的步骤等内容。

PC-9801 所用的接口电路图及其有关资料如图 5、图 6 所示。

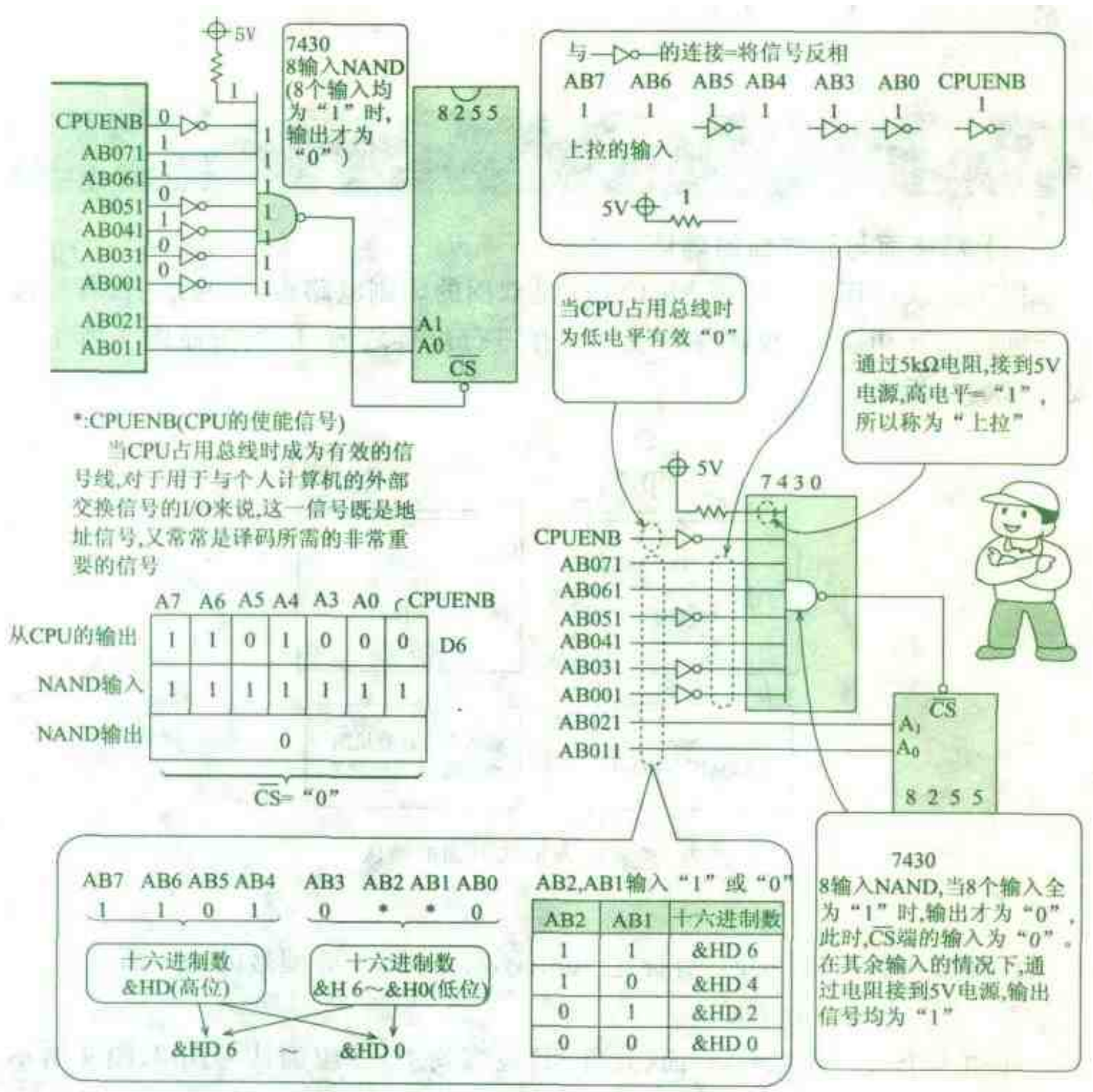


图 6 接口电路图的资料

④ I/O 口地址页码

另外介绍一下在计算机的控制接口中,用户能自由使用的 I/O 口地址有哪些等内容。

PC-9801 VM 用户可使用的地址为从 &HD0 到 &HDF,和 &HE0 到 &HEF(&H 的意思是十六进制数)两个区域。除此之外的地址,都已被系统占

用,用户是不能使用的。

像这样的接口控制所必须的数据,手册上都是有的,应把手册备在身边随时查阅。尤其是当你要进行接口控制时,有不懂或记不清楚之处,就应查阅手册或数据表。在请教别人之前,先自己查阅是一种良好习惯。这是应当牢记的准则。

V 配线的顺序

(1) 焊接面与元件面的确认

因为这次使用的扩展板 MCC-193 是双面的印刷电路板,容易混淆,若焊接面与元件面互相搞错,板就要报废了。在进行焊接之前,应当按照图 7 所示的要领来确认板面。

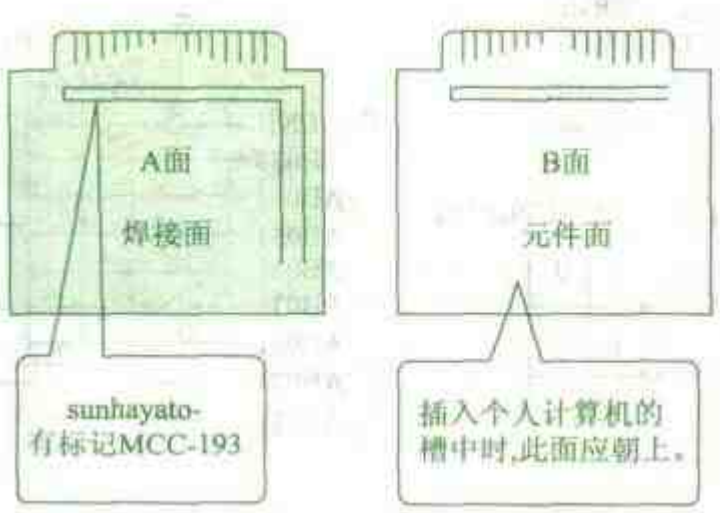


图 7 扩展板 A 面和 B 面的确认

扩展板 A 面:焊接面,有标记 sunhayato-MCC-193 型号的这一面。

B 面:元件面。

在插入个人计算机时,B 面(元件面)应当朝上,并应确认与图 3、图 4 所示的个人计算机槽的管脚排列相一致。

(2) 元件的总体布局

在扩展板上,配置主要的元件,应注意以下几点:

① 插入的深度,是否便于焊接;

② 如图 8 所示,当扩展板插入个人计算机时,是否会碰到元件;

③ 从接插件引出的扁平电缆处有无障碍;

④ 有无增加元件的可能性。

可一边考虑，一边进行元件布局。

这次制作 8255 接口的主要元件是 40 管脚的 8255 和另外两个集成电路，所以安装空间是足够的。

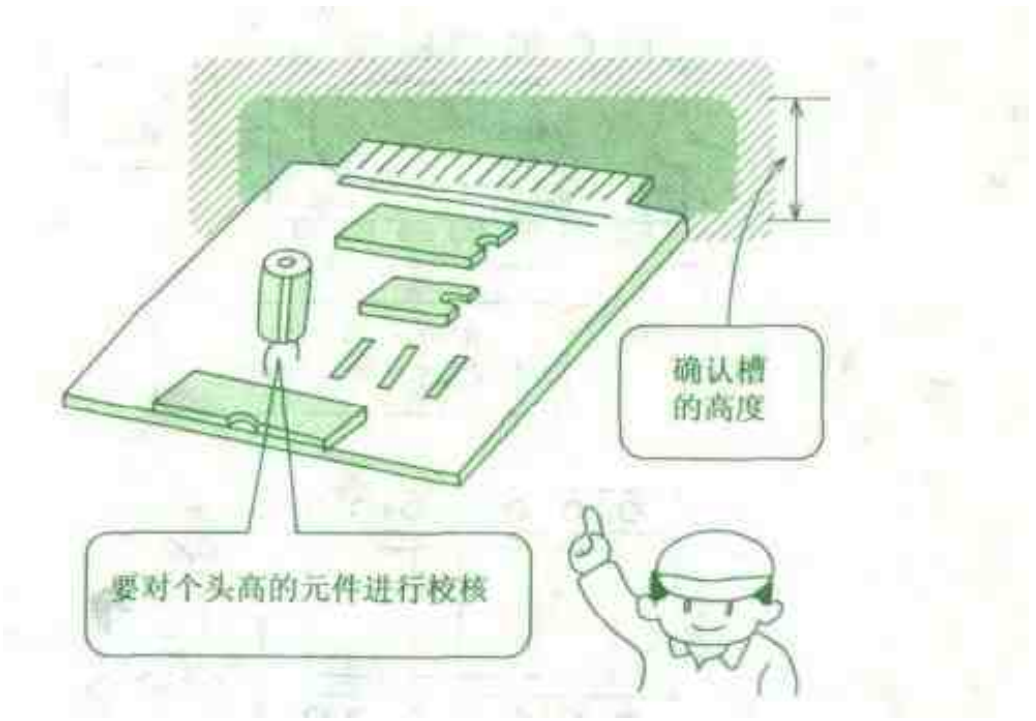


图 8　元件大小的校核

对于 16 位的 PC 9801 计算机来说，这次要做的是一个 8255 的 8 位接口，考虑要为扩充成 16 位留出地方，所以把接口的元件安排在基板的一边布局。

图 9 表示全部元件布局的例子。

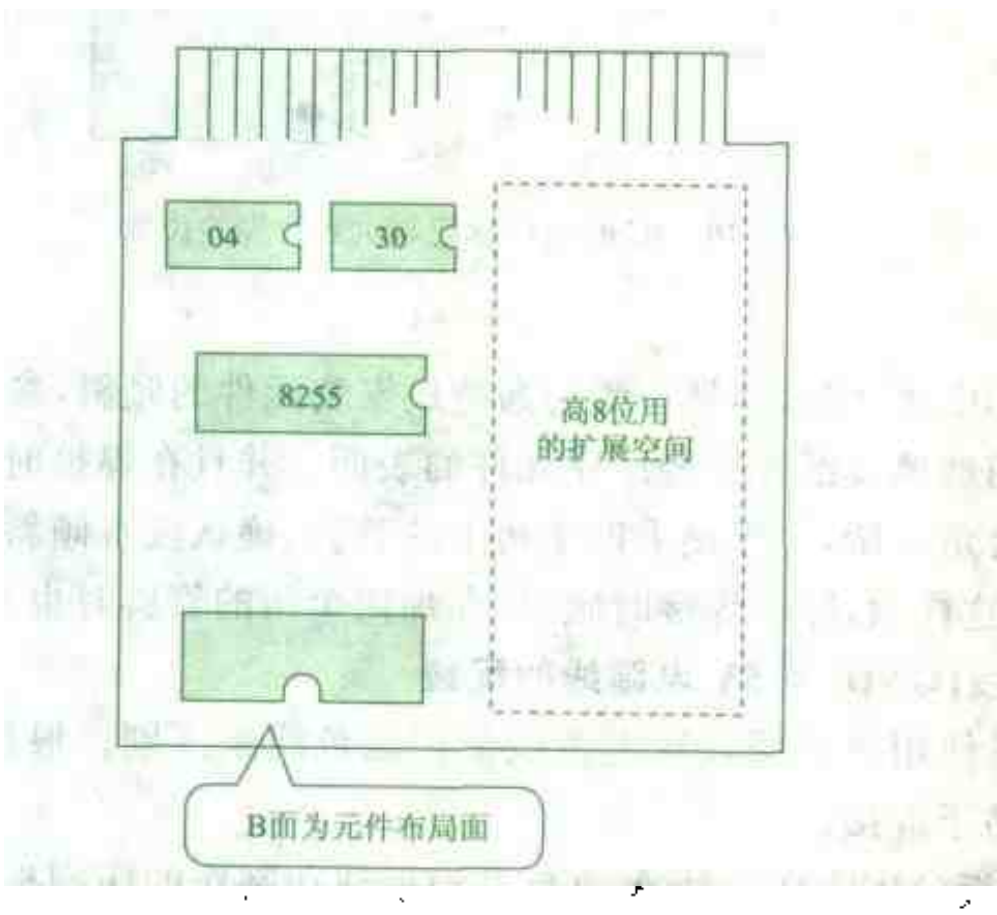


图 9　全部元件的布局图

(3) IC 底座管脚的焊接

IC 的安装方向如图 10 所示，要核对缺口(标记)。

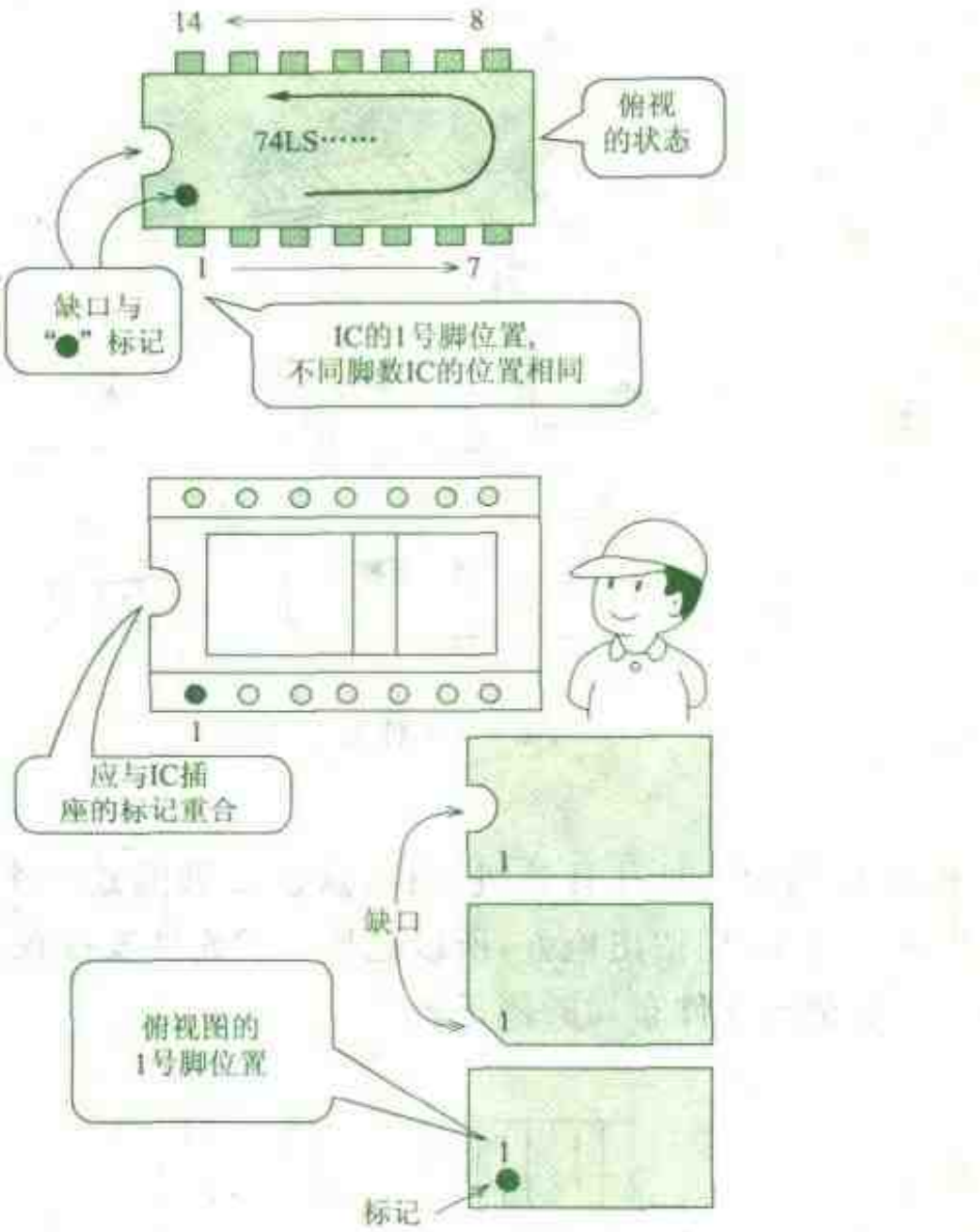


图 10　IC 的缺口标记与 1 号管脚的位置

在焊接 IC 底座时，容易一侧抬高造成安装元件的倾斜，参见图 11。为防止这一点，可用玻璃胶纸等轻轻压住元件的表面。并且在焊接时，应当如图 11 所示，首先从对角开始，先焊接上四个角上的管脚，确认没有倾斜后再焊接其他剩下的管脚。这样做，即使焊接时倾斜，在焊四个角的管脚时也易于矫正。

(4) 地线(GND)及 5V 电源线的配线

GND 线使用黑色线，5V 电源线使用红色线来区别。根据需要，可用镀锡线来配线，易于焊接。

因扩展板(MCC-193)是 A 面与 B 面成通孔制作的印刷板，在需要时，也可使用 B 面周围的印刷板面。由于扩展板(MCC-193)的电源是通过印刷电路板

来配线的，所以制作很方便。

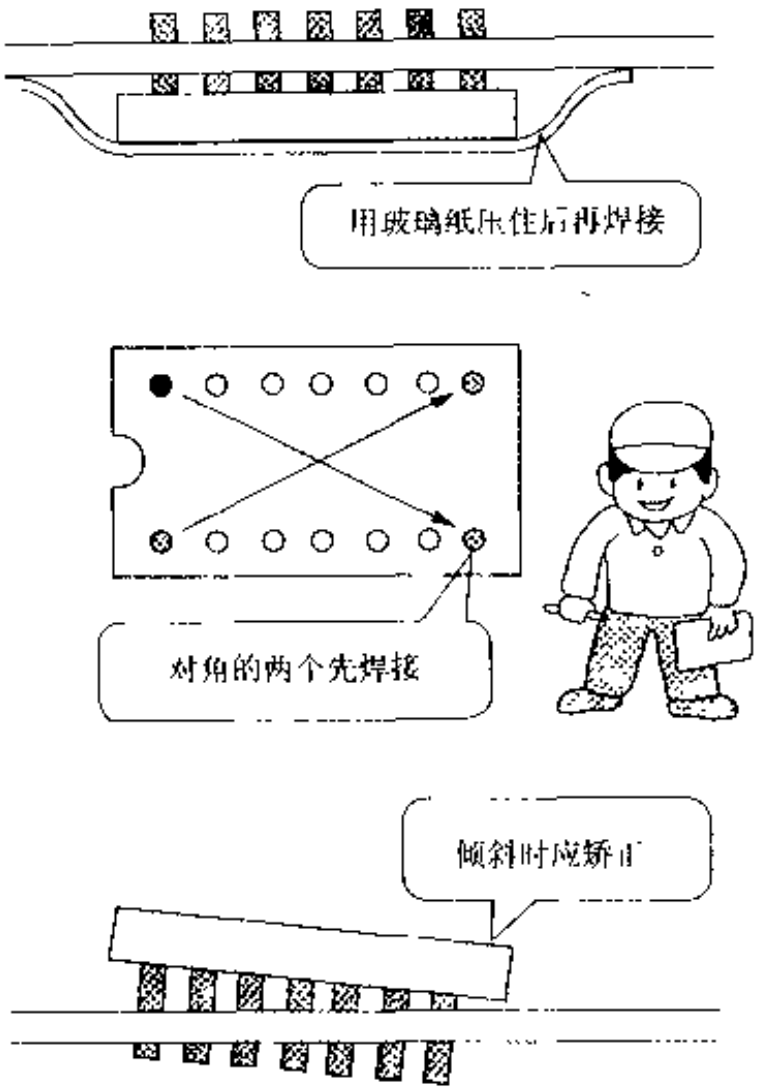


图 11 IC 的焊接

(5) IC 驱动用电源线的配线

若只连接 IC 的信号线，是不能工作的。为使 IC 工作，就得将电源线、地线按图 12 所示的 IC 底座的间隔，用镀锡线来进行配线。并且，用这种方法配线的话，因电源线的走线非常整齐，所以不管装了几个 IC，以后若要加装 IC 的旁路电容都很容易。

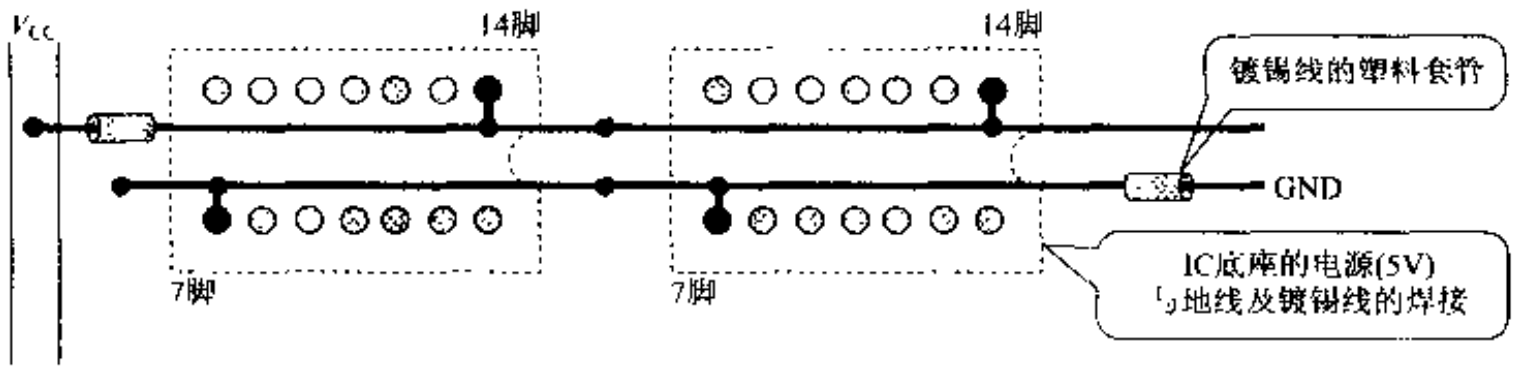


图 12 电源线的配置

镀锡线的间隔为3cm左右,为了防止把焊锡挂在印刷电路板上,应考虑先将5V电源线与地线分别穿入红与黑的塑料套管中。

不要忘记给8255的电源线进行配线。

必须注意,若不小心在印刷电路板的两侧挂上焊锡,扩展板就可能插不进扩展槽中。

(6) 与地线(GND)的连接

IC7404的7号管脚;

IC7430D的7号管脚;

8255的7号管脚;

电解电容的负极(有极性)。

到现在为止,锡焊工作已经完成,要通过实验来检验与5V电源线的接触是否良好,是否有错焊的地方。

(7) 与5V电源线的连接

IC7404的14号管脚;

IC7430的14号管脚;

8255的26号管脚;

电解电容的正极。

下面,如图13所示,对电源线进行检验。当全部的信号线完成配线之后,尤其要注意对电源线进行检验。

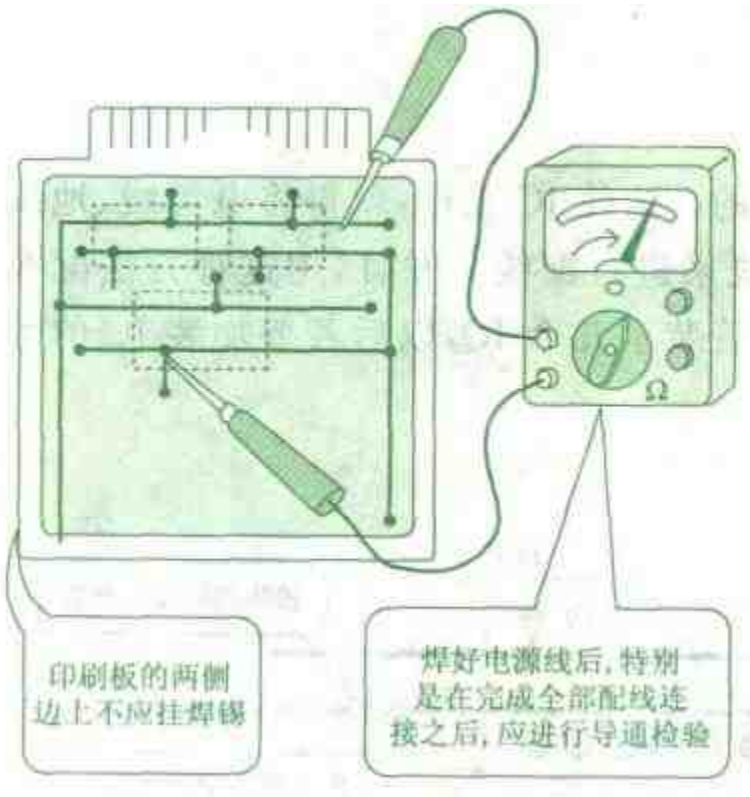


图13　电源线的检验

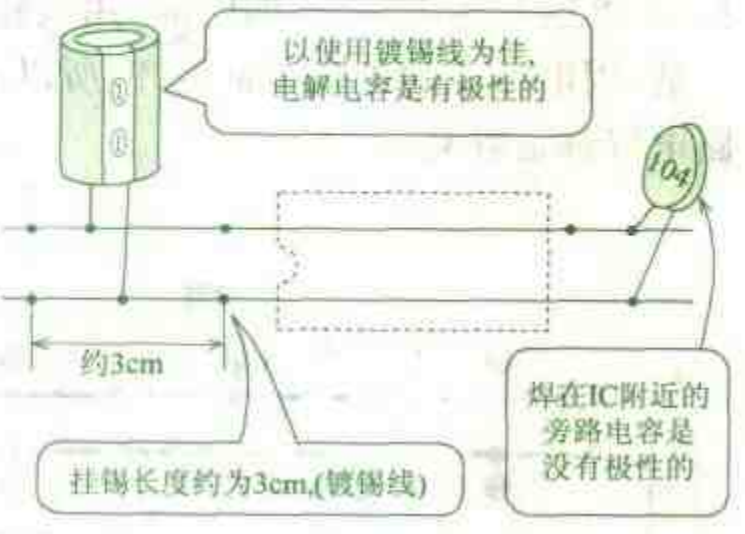


图14　旁路电容的焊接

(8) 个人计算机的焊接

为了防止 IC 的误动作，要在个人计算机上设置旁路电容。如图 14 所示，利用镀锡线来设置电源，能够很方便地将电容焊接到个人计算机上。

旁路电容用 0.1μV 左右大小的陶瓷电容器就行了。因这种电容没有极性，所以可焊接在以下三个 IC 的附近：

IC7404；

IC7430；

8255。

(9) 上拉电阻用 10kΩ 排阻来安装

排阻的元件数有 4 个、8 个两种类型，这里用的是 8 个元件型。

来自 8255 的上拉电阻引脚处，8 元件的排阻，在印刷电路板的焊点中占一列的位置，可错开连接(参见图 15)。

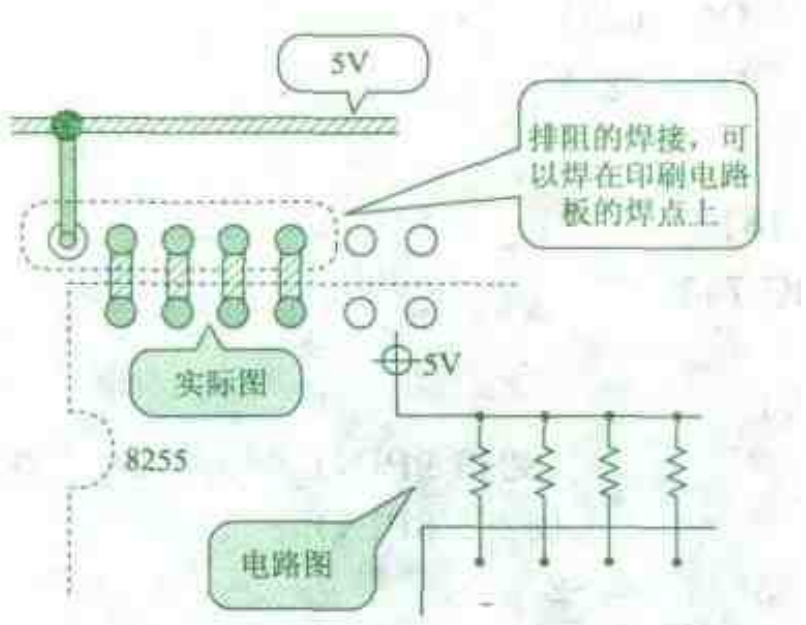


图 15 排阻的安装

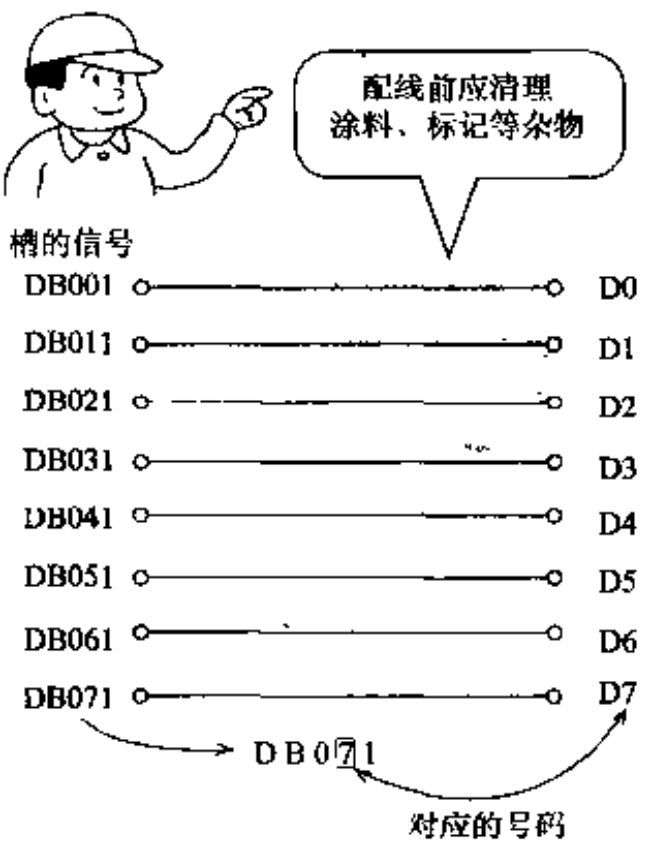


图 16 数据线的连接

此时，只要使用如图所示的与 8255 相邻的焊点，就可用焊锡将各自所要连接的引脚连接起来。排阻公共点为公用的意思，可以接电源或接地。这里接的是 5V 电源的镀锡线。

到此为止，已经完成了主要元件的安装，下一步就可以进行 IC 和插槽信号线的焊接了。

(10) 数据线的连接(参见图 16)

扁平电缆的外皮颜色应当与信号的顺序相对应来焊接。数据线在 B 面(朝上的面),从 A 面(下面)通过焊点的孔引出来。接着,依次表示扁平电缆的外皮颜色(如下图所示,与电阻的色环码相同)。



个人计算机的信号	8255 的管脚		
DB 001(B 4)	黑	D0	(34)
DB 011(B 5)	棕	D1	(33)
DB 021(B 6)	红	D2	(32)
DB 031(B 7)	橙	D3	(31)
DB 041(B 8)	黄	D4	(30)
DB 051(B 9)	绿	D5	(29)
DB 061(B 10)	蓝	D6	(28)
DB 071(B 12)	紫	D7	(27)

应当先依次确认信号线后再焊接。

(11) 地址线的连接(参见图 17、图 18)

个人计算机的信号	IC 7404	IC 7430	
AB 001	(A 4)黑	1—2	1
AB 011	(A 5)棕		(8255 9PIN)
AB 021	(A 6)红		(8255 8PIN)
AB 031	(A 7)橙	3—4	2
AB 041	(A 8)黄		3
AB 051	(A 9)绿	5—6	4
AB 061	(A 10)蓝		5
AB 071	(A 12)紫		6
CPUENB10	(A 42)白	13—12	7
RESET	(B 34)白	11—10	(8255 35PIN)

:此标记中的数字是 IC 7404 的引脚编码。

$\overline{IOR_0}$　(A 33)灰　(8255 5PIN)

$\overline{IOW_0}$　(A 34)灰　(8255 36PIN)

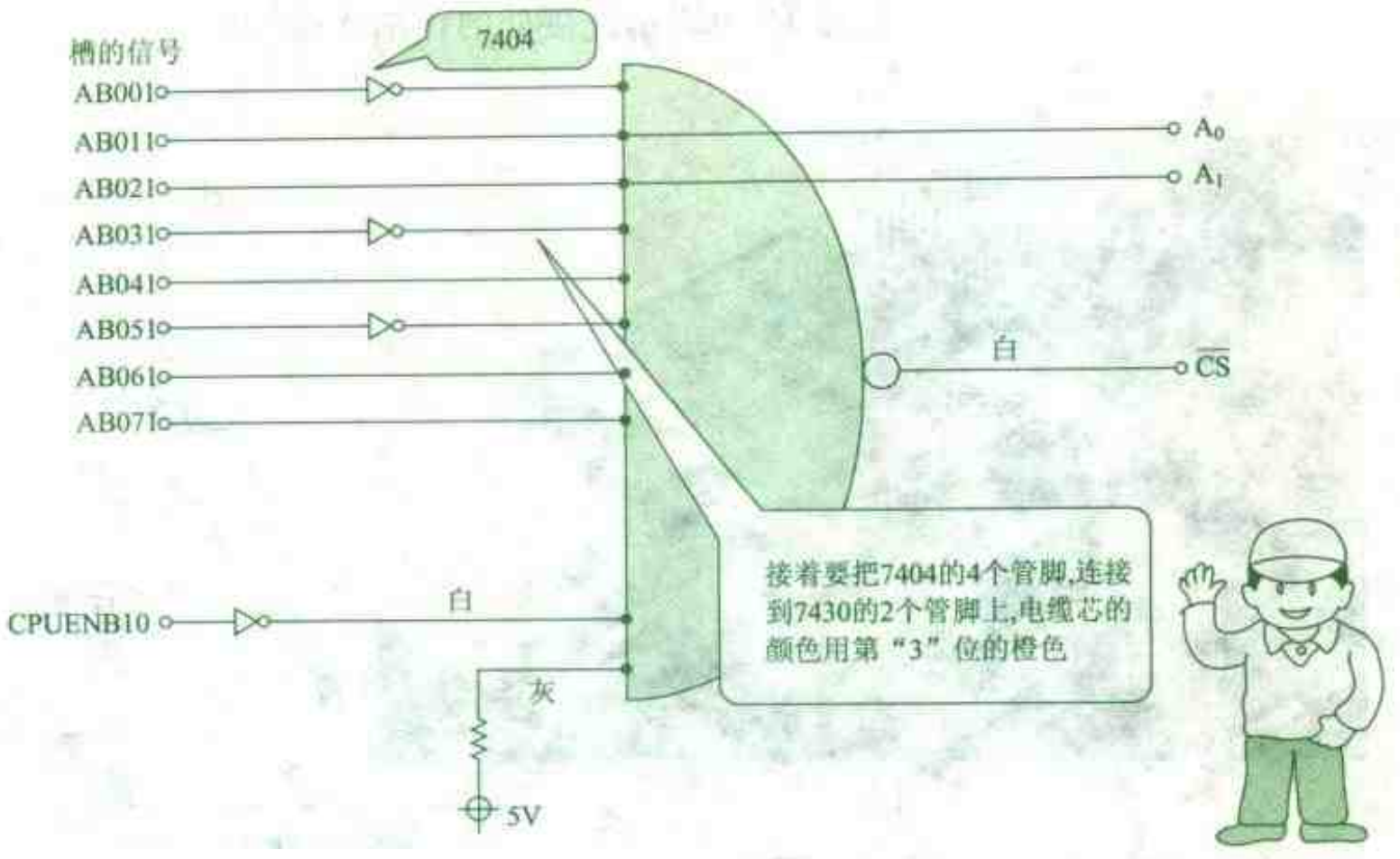


图 17 地址线的连接

CPUENB、RESET、$\overline{IOR_0}$、$\overline{IOW_0}$等配线所使用的,扁平电缆的颜色,要用 0～7 色号之外的其他颜色(灰、白)。

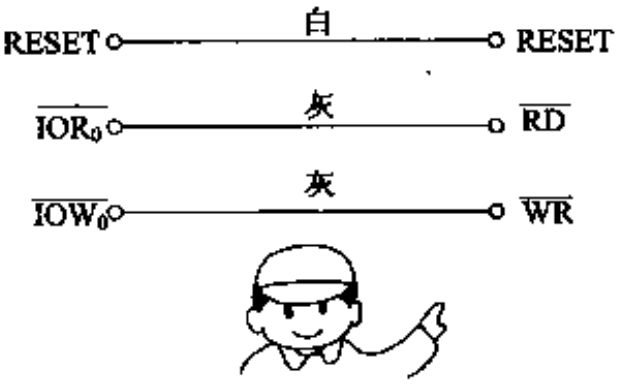


图 18 其他线的连接

IC 7430 的 8 条输入线,还剩下 1 条(8PIN),要把它通过 5kΩ 的电阻,接到 5V 电源上。

(12) 7430(NAND)与 8255 的$\overline{CS}$脚的连线(参见图 17)

用白色的线连接。至此,8255 的配线已全部结束。

IC 的 5V 电源与 GND 的配线,已经用镀锡线连接好了。必须检验这一阶段的配线是否正确无误,焊点的接触是否良好。

(13) 扩展板上信号的引出

扩展板上的信号通过连接监视器用的 30 线扁平电缆来引出。

(14) 往扩展板上的连线

通过扁平电缆将扩展板与 LED 监视器(参见本章第 2 节)相连接。接通 5V 电源与 GND(地),并通电。若此时全部 LED 点亮,就可以说基本上已经一切就绪了。

再下一步是个人计算机与扩展板的连接。初次对自制的控制基板通电,心

里总有些紧张，为此，下面介绍图 19 中表示连接处的详细连接顺序。

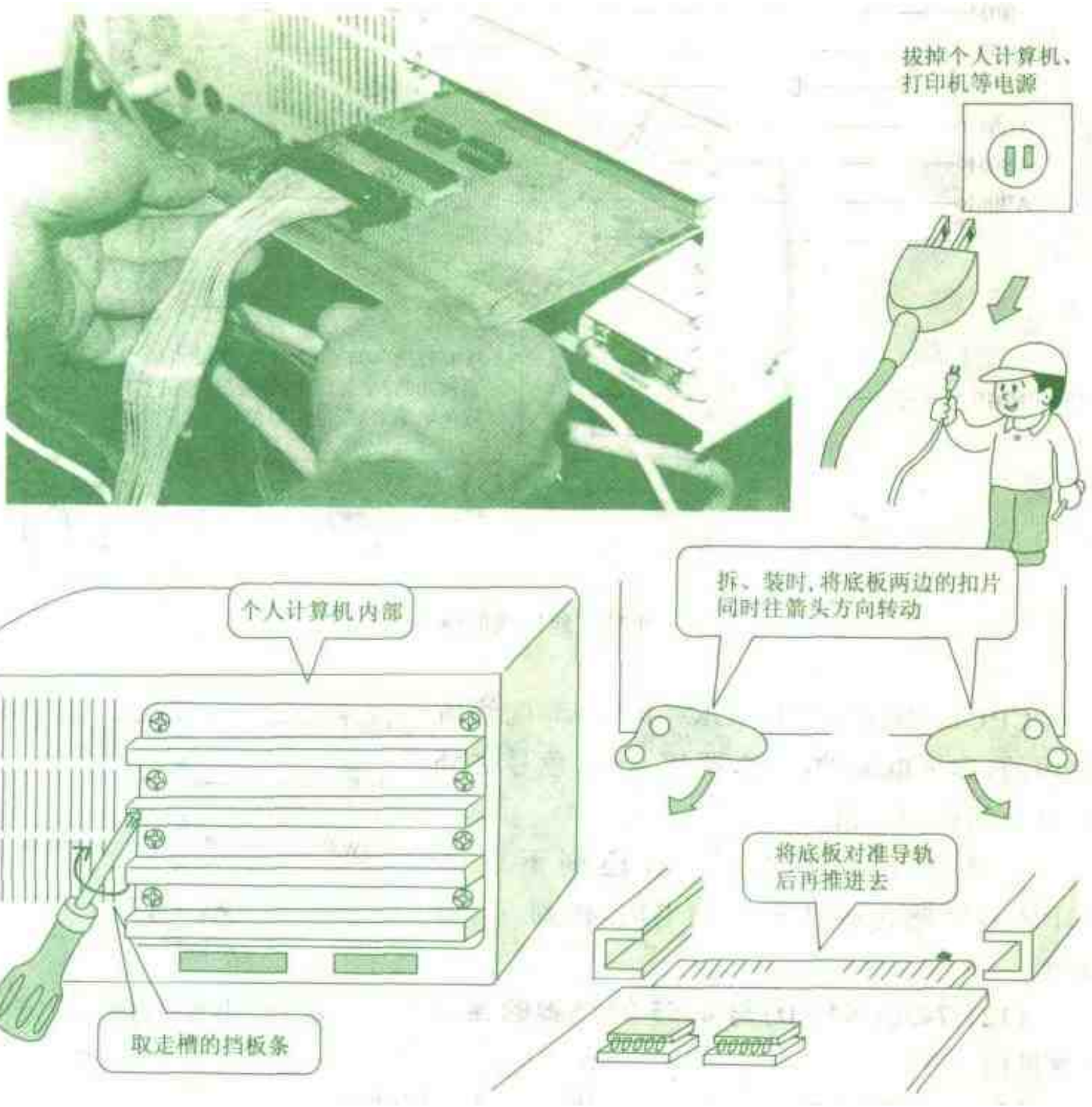


图 19　扩展槽的插入

① 切断个人计算机及打印机等外围设备的电源。

② 卸下扩展槽所对应的挡板条。

③ 插人扩展板。

扩展板的上面为元件的安装面(B 面朝上)。往扩展槽内看，可以见到槽两端的插人扩展底板用的导轨。应将镀金的 50 脚梳子形扩展底板沿着扩展槽边均匀地插人。为了确保可靠地插人 50 脚的插座中，应当推至感觉到扩展板被扣住为止；

④ 在取出扩展板时，要先将扩展板两端的扣片往外打开，这样就易于将底板的 50 个针脚从插座中拔出来。

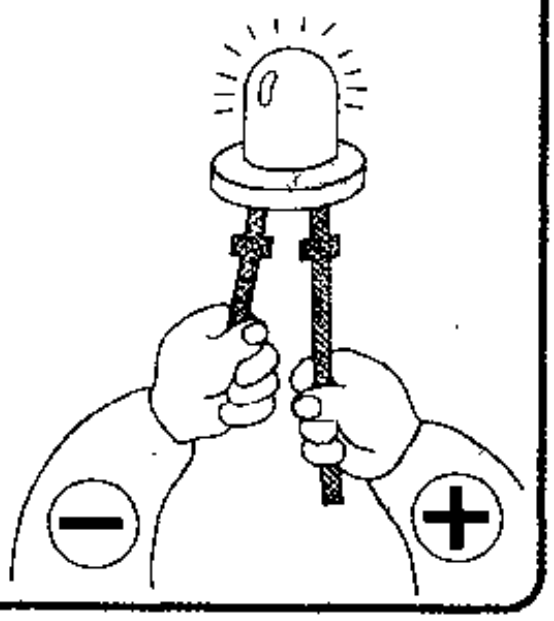
扩展板带有两个扣片，是购买扩展板时带来的，注意不要随意丢失。应当将扣片安装孔和扩展底板的安装孔对准，然后再用扁平电缆的压线钳，将附带的针脚压入扩展板；

⑤ 接通个人计算机的电源。

现在，接通个人计算机的电源，若个人计算机上显示出开机信息："How many files ?"就表明计算机工作正常。但是，若无法运行 BASIC 程序或感到有异常气味或声音时，应当立即切断电源，一旦出现这类异常情况，就应当对扩展板进行更仔细的检查。

⑥ 切断个人计算机的电源，接入 LED 监视器后，重新接通电源。当 LED 全部点亮，BASIC 程序也能正常启动，你的控制专用接口就制作成功了。

2 LED接口监视器



I　用 LED 来制作接口监视器

如图 1 所示,在接通开关时,要用眼睛来观察“电源是否接通”的指示灯,其灯光虽小,但作为监视电流用的指示灯是必不可少的。

当你在个人计算机的软驱中换软盘时,闪亮的 LED 小光点,可让使用者感觉到个人计算机在工作的同时,还能确认你正在与计算机进行正常的交流,非常方便实用(参见图 2)。

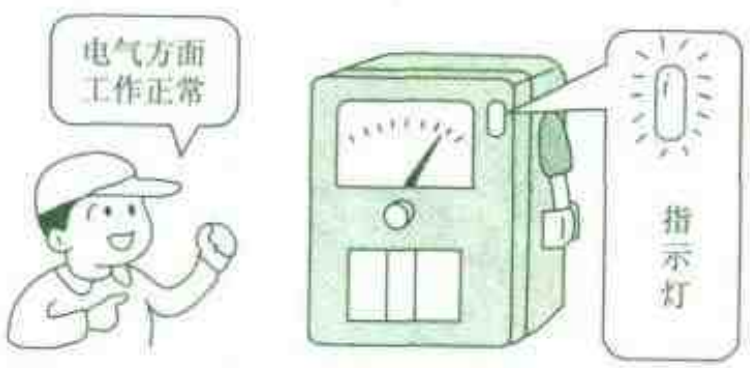


图 1　开关盒的指示灯



图 2　软驱上的 LED

在接口的控制中也同样如此,来自计算机的信号通过接口正确地送往继电器、螺线管或电动机等驱动部分(执行机构);然后,若要判断来自传感器等的外

部信号是否已正确地通过接口进入了计算机，也必须进行监视。为此需要制作能用肉眼来判断LED(通/断)高/低电平的信号监视电路(以后通称为接口监视电路)。

接口监视电路中的LED点亮/熄灭控制信号"1"与"0"即表示接口电平的高/低。因此可用于组合电路时的电路检验，并且能用肉眼跟踪程序的流程，也可用于控制部分动作不正常时的检查。在制作接口时，一定要装上接口监视电路。在这里，是把来自接口的信号分别组合到电路基板上的。

LED(即发光二极管)是一种指示元件，如图3所示，是一种当从其正极到负极(称为正向)流过电流时就会发光的二极管。发光的颜色有红色、橙色、绿色等数种。

图4表示接到个人计算机接口电路上的LED监视电路。



图3 LED的极性

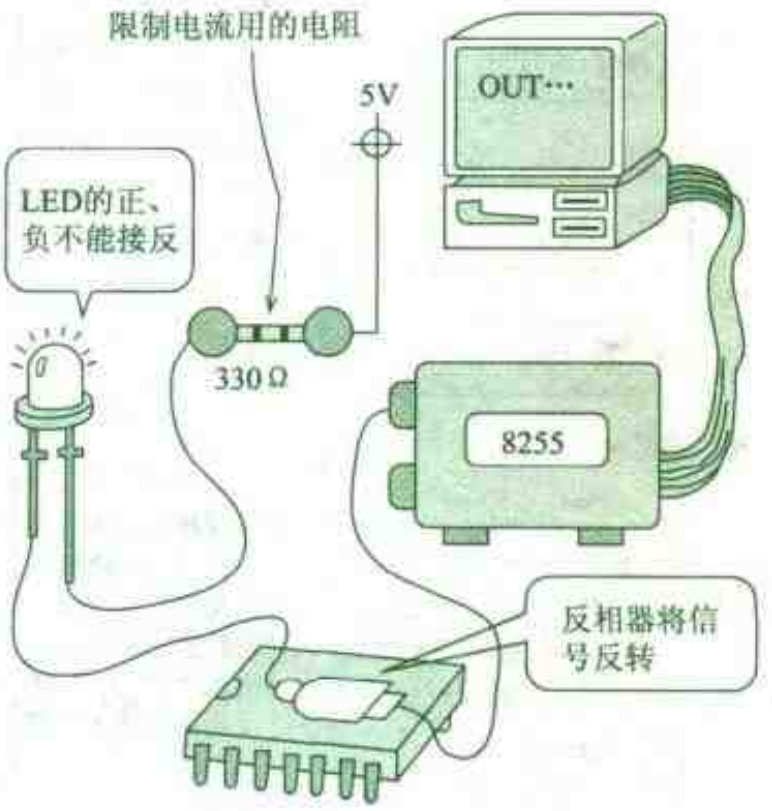


图4 LED的实体图

Ⅱ LED的点亮电路

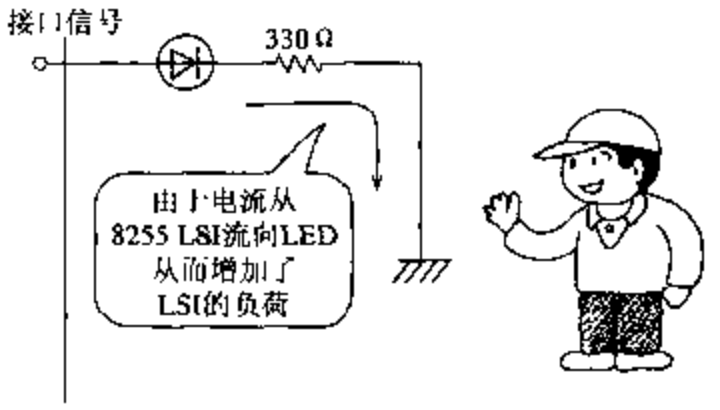
LED的基本动作为：

接口信号"1"　　LED点亮

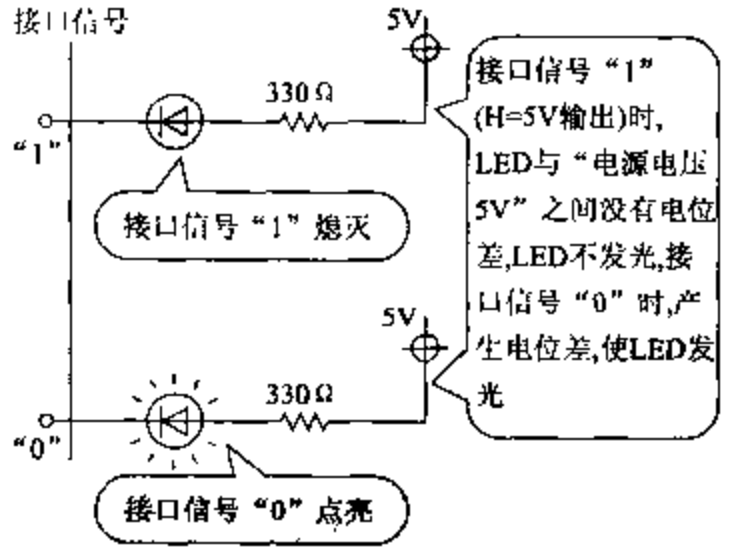
接口信号"0"　　LED熄灭

若要设计图5所示的LED电路，则由于此电路的LED在发光时，电流要

从8255 LSI流到LED,会增加8255 LSI的负荷。所以应当如图4所示,在设计时就考虑用外部电源来对它供电。



在外部电源供电的情况下,由图可知,当接口信号为"1"时,LED与"电源电压5V"之间没有电位差,所以LED不会发光;然而,当接口信号为"0"时,LED与"电源电压5V"之间就会产生电位差,所以LED就会发光。LED的点亮/熄灭正好与我们平时的感觉相反。同时,若用外部电源,也会有电流流入8255的内部,给8255增加可观的负荷。



在我们的日常生活中,通常的感觉是"开关接通时点亮"。在接口上也同样如此,当它有信号输出时,作为接口信号监视灯的LED就应当点亮,这样才符合平时人们的感觉。为此,需要根据习惯将所说的"接口输出的信号反相"。

所以,必须使用将信号"1"与"0"的状态反转的反相器。

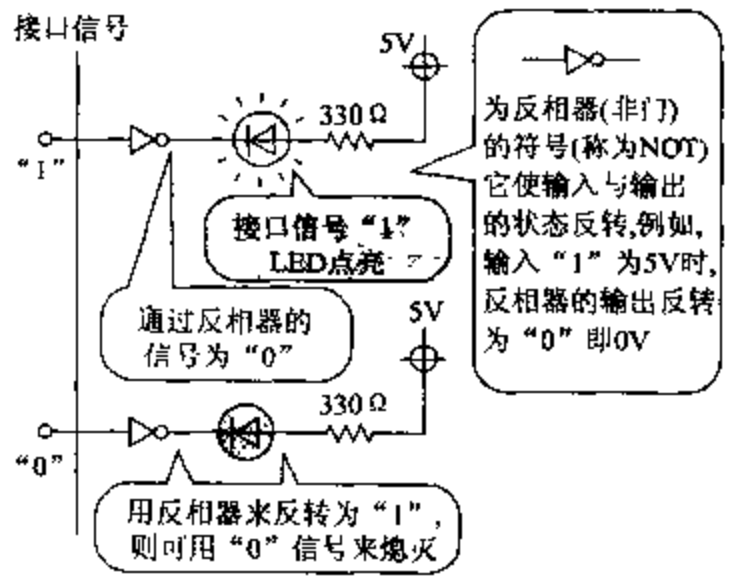


图5　LED的反相器的作用

若使用反相器,即使有LED发光所需的电流流入反相器内部,也不会增加8255的负荷,因为对反相器来说,这么大的电流几乎可以忽略。

图5表示连接反相器的电路。这一电路按照接口信号为"1"时,LED"ON",接口信号为"0"时,LED"OFF"来进行点亮/熄灭控制,指示对接口信号的监视。

Ⅲ　LED接口监视电路

图6是4位接口信号部分的实际接线图,表1是电路的元件表。

7400、7404两种反相器都可以使用,图7表示IC内部的电路。

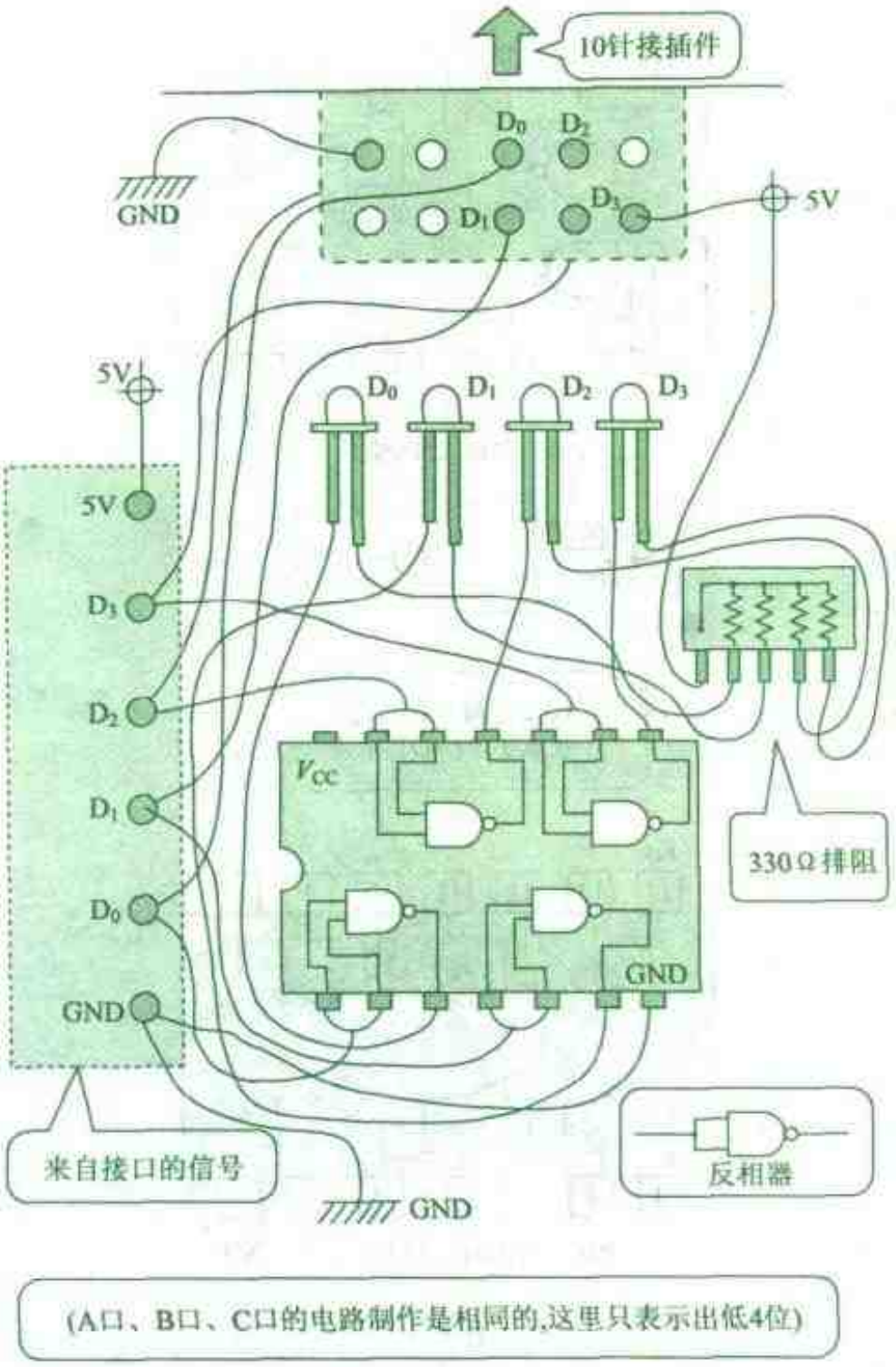


图 6　接口监视器的实际电路图

7400 称为双输入与非门(NAND)电路，只有当两个输入均为“1”时，输出才为“0”。在这种情况下，如图所示连接两只输入脚，将两个同样的输入信号反转就可以当反相器使用。

由图 7 可知，7400 是 4 个反相器，而 7404 则可作为 6 个反相器来使用。

尽管 LSI 的用法是相同的，但是即使各信号脚的接法都正确无误，若 IC 的电源 V_{CC}(5V)与地(GND)的引线接得不对的话，IC 还是不能正常工作。

330Ω 的电阻可限制流过 LED 的电流。像 LED 监视器那样，要同时用几个同样大小电阻时，可用图 6 所示的排阻，因为只需一个公共引脚，所以接线很方便。

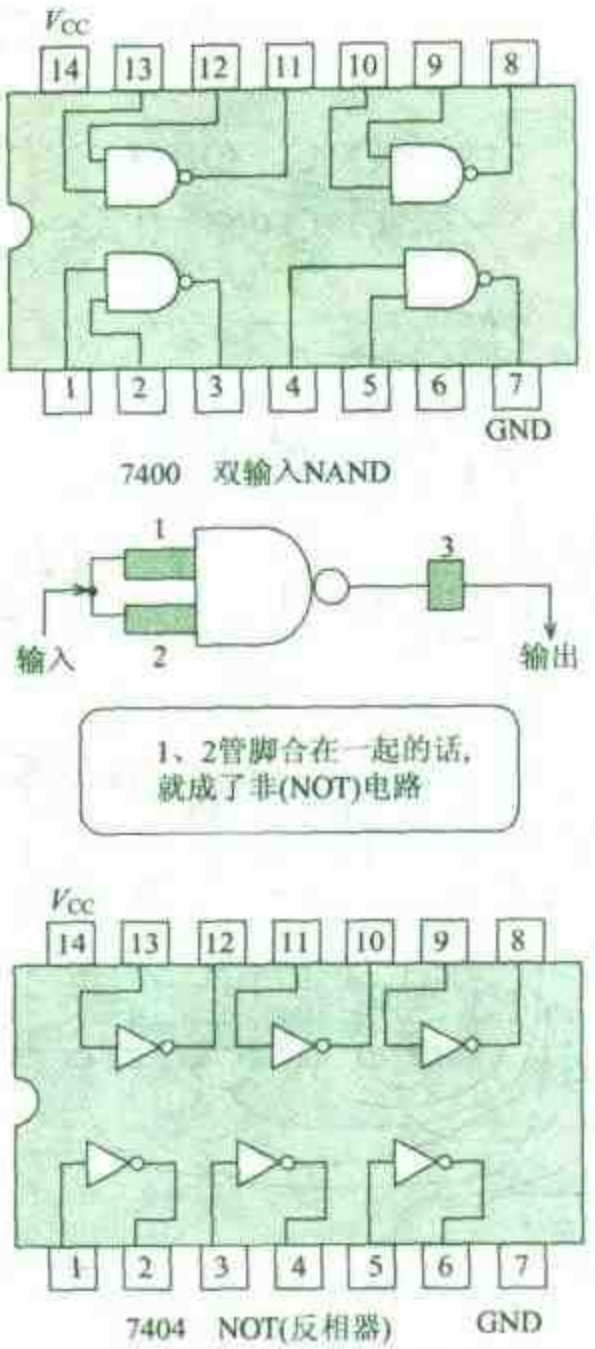


图 7

表 1　制作 LED 口监视器的元件表

元件名称	规　格	数　量	备　注
接插件	30 针	1	与扩展口连接用
LED	红、橙、蓝	各 8	按口来分颜色
排阻	330Ω	3	1 个公用端，8 元件/个
IC7400	14 脚	6	
IC 插座	14 脚	6	
接插件	20 脚	6	连接输入输出用扁平电缆
通用底板及支架	高度 30mm	1	四个支架附在底板四角上的脚
外部电源输入用脚	高度 10mm	2	5V、GND 用

若不使用排阻，则应使用 4 个阻值为 330Ω 的碳膜电阻。使用 IC7404 作为反相器时，要用 4 个 IC，(每个 IC 内有 6 个反相器)。因此 IC 插座也用 4 个(14 针)就行了。

排阻分为4个一组或8个一组的。

对于A口、B口、C口，共用了24个LED组成的监视电路，对口上的“1”与“0”信号进行监视。在图8中，还有表示监视器的照片。

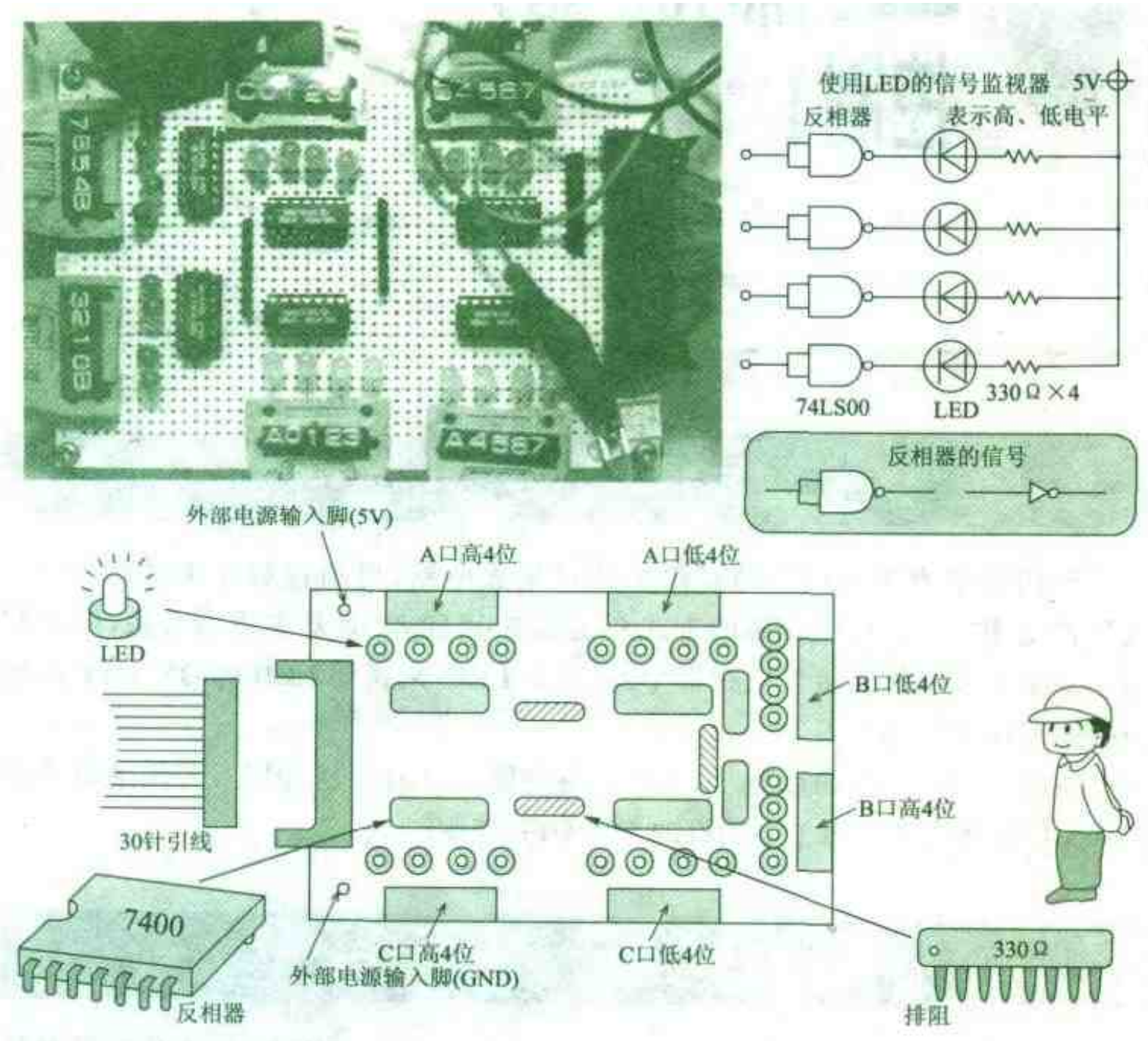
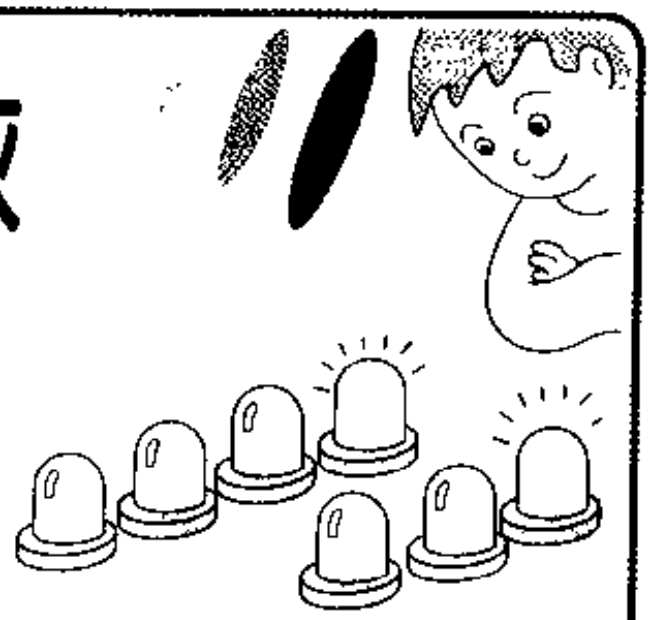


图8 使用排组的配线

3 LED的点亮、熄灭控制 I



I　点亮/熄灭控制的设计

8255 是具有多种用法的高性能接口集成电路，可通过程序来选择 0、1、2 这三种使用方式。这里介绍的方式 0，是最常用的 8255 基本使用方法，同时利用本章第 2 节制作的接口监视器中的 24 个 **LED**，来说明 **LED** 的 **ON/OFF** 控制与控制程序之间的关系。

尽管 24 个 **LED** 的点亮/熄灭控制是特别简单的控制，但是，若用继电器来取代 **LED**，则同样可用于电动机的 **ON/OFF** 控制。

II　决定控制程序的方法

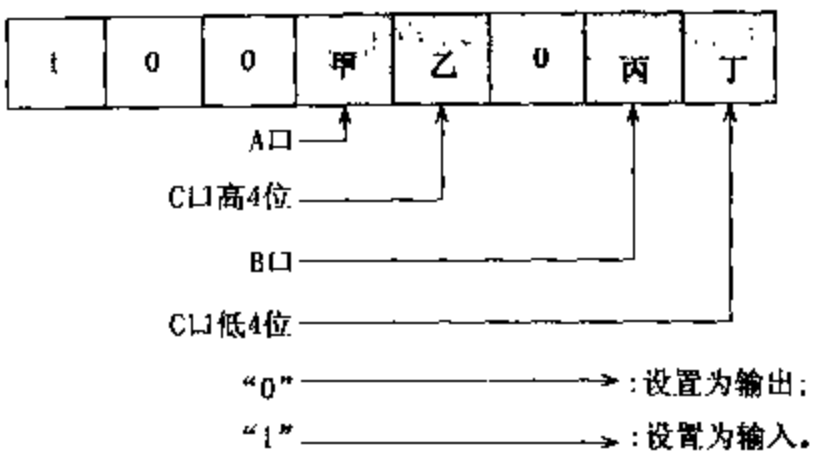
在使用个人计算机控制的过程中，必须事先用命令(指令)规定外围设备的接口 8255 上的 A 口、B 口和 C 口是用于输出还是输入，这些命令开始都要存放在初始化程序所用到的寄存器中。这些指令的内容称为“控制字(控制指令)的设置”，或称为“输入/输出的设置”。控制字根据下述方法来确定，各口的输入、输出都使用甲、乙、丙、丁 4 位，如表 1 所示。

将口设置为输入时，对应位的输入为“1”；

将口设置为输出时，对应位的输入为“0”。

这样所得到的 8 位二进制数，可分为高 4 位与低 4 位，其高 4 位与低 4 位可用两位十六进制数来表示。这个十六进制数就称为“控制字”，将它输入控制字寄存器，就完成了 8255 的输入/输出设置。

表1 控制字的设置



当进行下列设置时

A口(输入)、C口高位(输出)

B口(输出)、C口低位(输入)

甲、乙、丙、丁的输入分别为1、0、0、1。

在这种场合下,其二进制数为:(1001 0001)

其十六进制数的高四位与低四位为:&H9 &H1

两位十六进制数为:&H91

其控制字就是&H91,若用程序将OUT &HD6、&H91存入控制字寄存器,就设置好了接口的输入与输出。

当A口、B口、C口全部设置为输出时,甲、乙、丙、丁的位置上均应输入"0",即(1000 0000) = &H80,则对应的控制字就是&H80。

Ⅲ 输出的程序

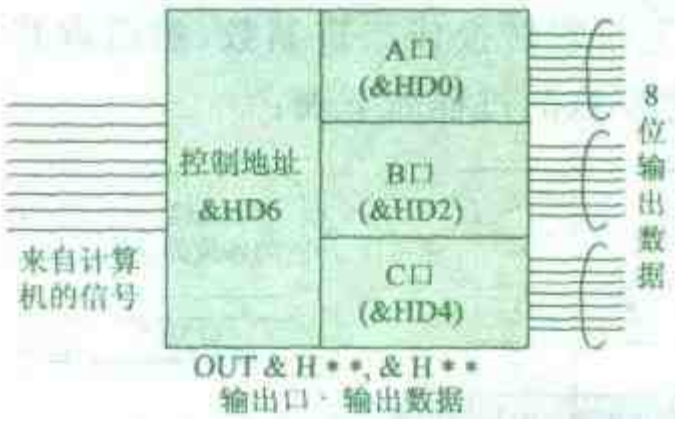


图1 计算机输出的数据流向

在BASIC程序中,是用"OUT"命令来输出数据的。

程序格式 OUT 口地址,输出数据

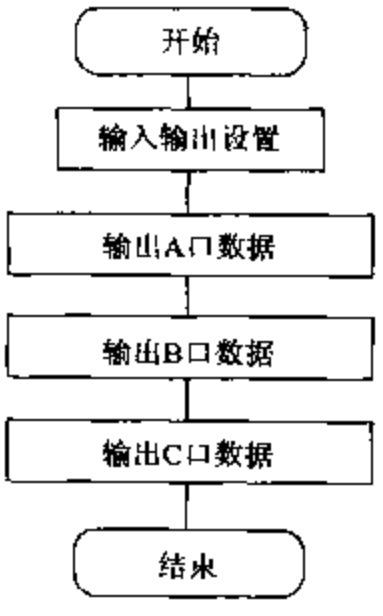
例 OUT &HD0, &H55

口地址或输出数据,要用十六进制数或十进制数给出。

当数据在程序中是变量时也可作为变量来给出。图1表示从个人计算机输出的数据流向。下面,我们来进行数据输出的练习。

问题1

将8255的A口、B口、C口设置为输出,A口上的输出数据为H11,B口上的输出数据为H33,C口上的输出数据为H55。




```
10  REM  LED-1
20  OUT &HD6, &H80  (A口、B口、C口均为输出口)
30  OUT &HD0, &H11  (输出A口数据)
40  OUT &HD2, &H33  (输出B口数据)
50  OUT &HD4, &H55  (输出C口数据)
60  END
```

[参考]PC88系列中,控制寄存器和口地址与88系列是通用的。

[88系列]

```
10  REM LED-1
20  OUT &H83, &H80
30  OUT &H80, &H11
40  OUT &H81, &H33
50  OUT &H82, &H55
60  END
```

执行后:

A口的LED状态为:点亮、熄灭数据 &H11,○○○● ○○○●

B口的LED状态为:点亮、熄灭数据 &H33,○○●● ○○●●

C口的LED状态为:点亮、熄灭数据 &H55,○●○● ○●○●

点亮、熄灭的数据,在程序中既可以用带 &H 的十六进制数,也可以用十进制数。例如,将 &H11 换成用十进制数 17 也能执行,&H33 的十进制数是51,&H55 的十进制数是85。

将第50行程序改为50 OUT &HD4, 85,也可得到同样LED点亮、熄灭的执行结果。

要将十六进制数转换成十进制数,必须先将它转换成二进制数,然后取其各位权值之和。例如要将 &H55 转换为十进制数的过程如下表:

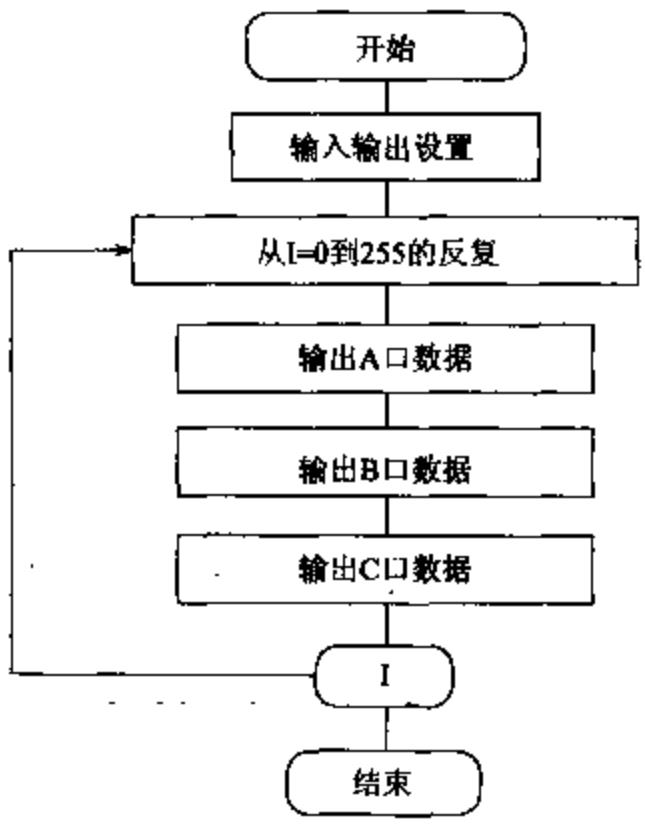
位	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
权	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
十进制数	128	64	32	16	8	4	2	1
&H55	0	1	0	1	0	1	0	1
	0	+64	+0	+16	+0	+4	+0	+1

二进制数为"1"的各位的权值之和

和为85

问题 2

将 8255 的 A 口、B 口、C 口设置为输出，A、B、C 各口依次输出从 &H0 $(0)_{10}$起到 &HFF$(255)_{10}$为止的数据。



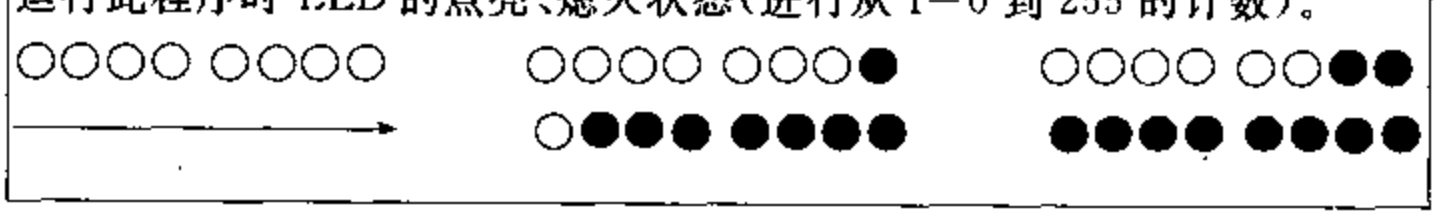

```
10  REM  LED-2
20  OUT &HD6, &H80(A 口、B 口、C 口均为输出口)
30  FOR  I=0  TO  255(计数器加 1)
40  OUT &HD0, I(输出 A 口数据)
50  OUT &HD2, I(输出 B 口数据)
60  OUT &HD4, I(输出 C 口数据)
70  NEXT I(从这里反复)
80  END
```

若运行此程序，则一瞬间就结束了，为了减慢程序的运行速度、延长时间，就要追加所谓的延时循环程序。为此，增加以下的程序语句：

```
75  FOR  TIME=0  TO  100:NEXT TIME
```

若把 100 这个数减少，延时的时间就会减少，程序的执行速度就加快；若用比 100 更大的数，延时的时间就会增加，程序的执行速度就减慢。

运行此程序时 LED 的点亮、熄灭状态(进行从 I=0 到 255 的计数)。



Ⅳ　确定控制字的练习

问题(输入口输入“1”,输出口输入“0”。)

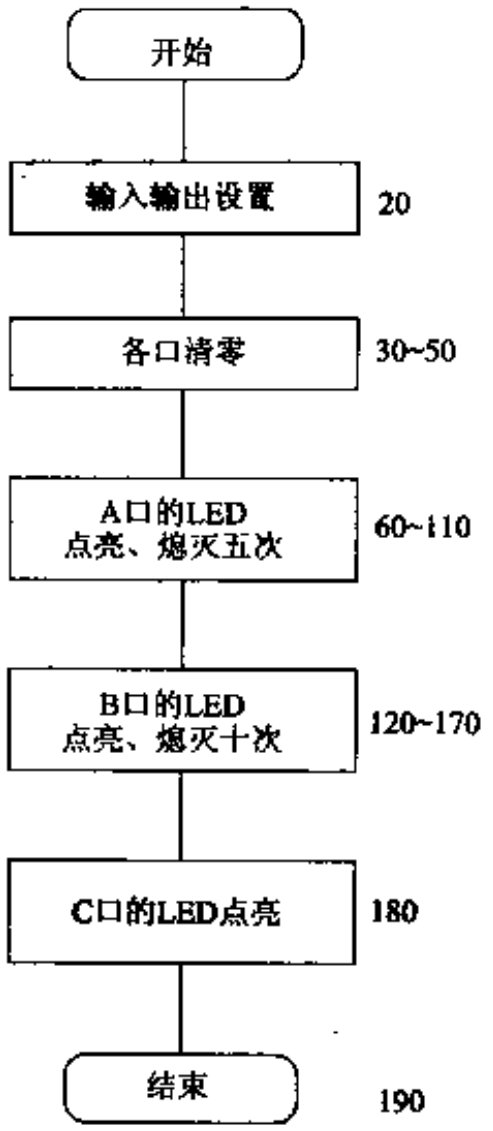
	口				二进制数									十六进制数
	A	C 高	B	C 低										
练习	出	出	出	出	1	0	0	0 出		0 出	0	0 出	0 出	&H80
(1)	出	出	出	入	1	0	0				0			
(2)	出	出	入	入	1	0	0				0			
(3)	出	入	出	入	1	0	0				0			
(4)	出	入	入	入	1	0	0				0			
(5)	入	出	出	入	1	0	0				0			
(6)	入	出	入	入	1	0	0				0			
(7)	入	入	出	入	1	0	0				0			
(8)	入	入	入	入	1	0	0				0			

解答：

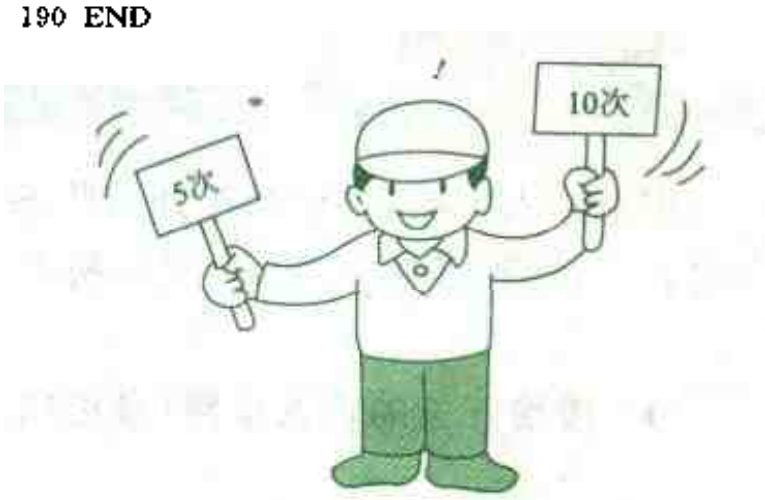
二进制数	十六进制数
1000 0001	&H81
1000 0011	&H83
1000 1001	&H89
1000 1011	&H8B
1001 0001	&H91
1001 0011	&H93
1001 1001	&H99
1001 1011	&H9B

问题 3

将 8255 的 A 口、B 口、C 口均设置为输出口，A 口的灯点亮、熄灭 5 次后，B 口的灯亮，B 口的灯点亮、熄灭 10 次后 C 口的灯亮。

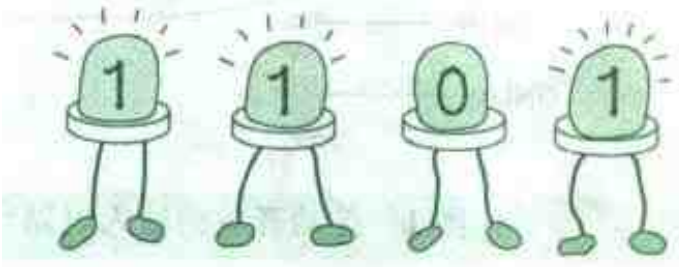



```
10  REM  LED-3
20  OUT &HD6, &H80
30  OUT &HD0,0 (A 口 OFF)
40  OUT &HD2,0 (B 口 OFF)
50  OUT &HD4,0 (C 口 OFF)
60  FOR I=1 TO 5
70  OUT &HD0,255 (A 口 ON)
80  FOR  TIMER=0  TO  100:NEXT
90  OUT &HD0,0 (A 口 OFF)
100 FOR  TIMER=0  TO  100:NEXT
110 NEXT I
120 FOR  I=1  TO  10
130 OUT &HD2,255 (B 口 ON)
140 FOR  TIMER=0  TO  100:NEXT
150 OUT &HD2,0 (B 口 OFF)
160 FOR  TIMER=0  TO  100:NEXT
170 NEXT I
180 OUT &HD4,255 (C 口 ON)
190 END
```



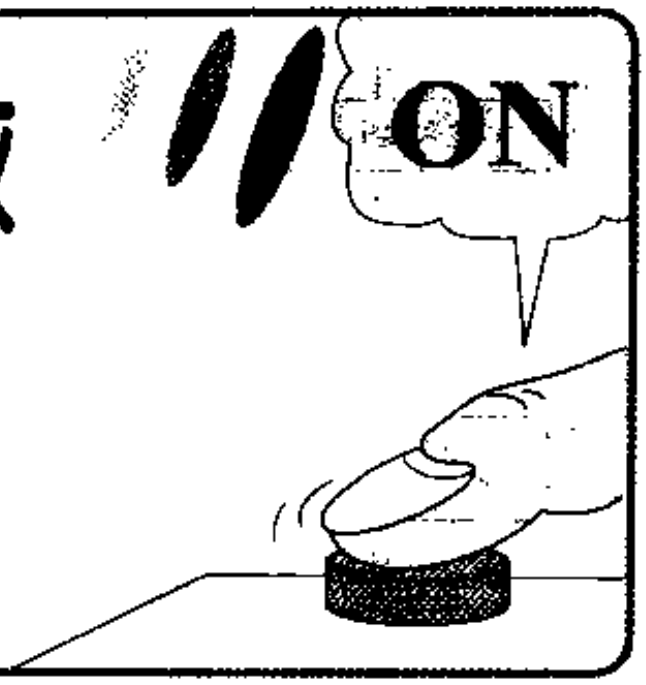
此程序是以某种条件进行反复控制处理的例子，像这类“某个程序结束的话就进行下一个处理”的程序称为顺序控制。顺序控制的例子很多。

除了这些练习程序之外，读者可自己来提出问题，进行一些编制程序的练习。





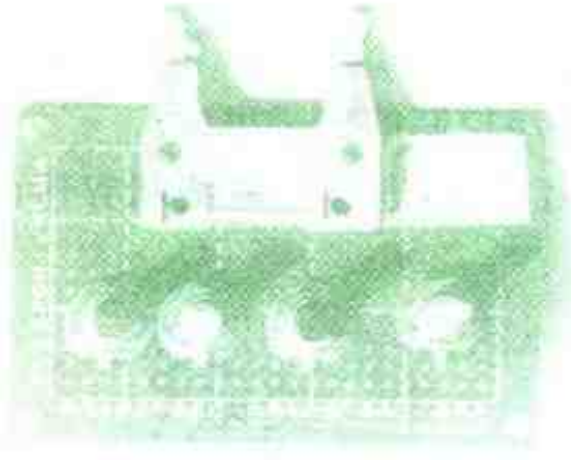
4 LED的点亮、熄灭控制Ⅱ



1 输入电路

作为输入电路,制作两种开关状态的电路,一种是拨动开关,它可以保持动作状态;另一种是按钮开关,你一松手它就返回原状,我们来看看它们有何区别。

(1) 拨动开关的输入电路(参见照片 1)



照片 1

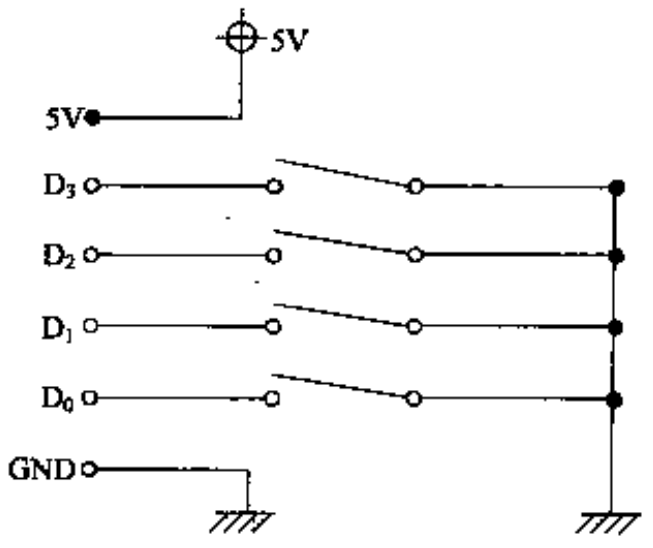


图 1　拨动开关的输入电路

如图 1 所示,因为接口监视电路是以 4 位为单位的,为取得一致,所制作的输入输出电路也以 4 位为单位。因此,尽管在制作的电路中表示的是低 4 位($D_0 \sim D_3$),若将它连接在高 4 位的接插件上,则可从高 4 位($D_4 \sim D_7$)进行输入。

输入电路和接口监视电路一起，通过10针的扁平电缆连接到各自的位置上。经过这样的连接之后，通过接口监视电路的LED就可以从该接口根据位确认往个人计算机输入信号的状态。

现在，看电路图就可知道，当拨动开关OFF时，由于电位上升，监视器的LED均会点亮。由此可见，当拨动开关接通时，监视器的LED就会熄灭(这一LED的指示，与按钮输入电路所用的状态是相同的)。

(2) 按钮开关的输入电路

拨动开关能自己保持ON的状态，而对于按钮开关的输入电路来说，仅仅在按下按钮时，该位为ON(有效)，只要一松手，输入信号就OFF(消失)了。

这样的开关在控制电路中也经常用到。

例如用微动开关来检测传送带上移动的物体位置等时，若物体到达某一位置，就使传送带的电机反转。在这种情况下，微动开关会立即返回原状(返回到动作之前的状态，准备下一次的动作)。也就是说，它与按钮开关的功能相同。

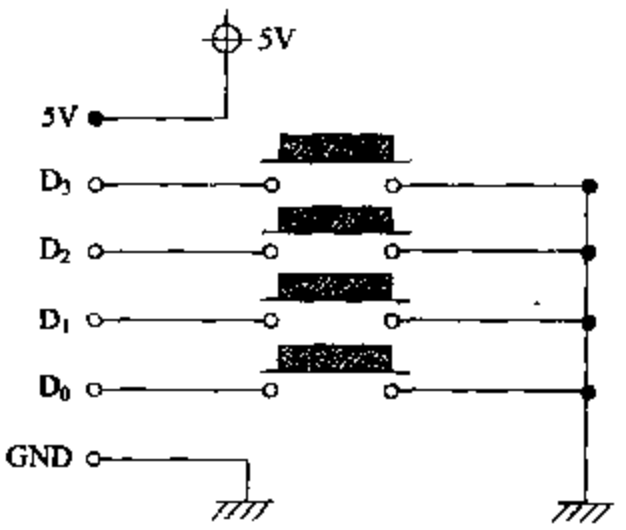


图2 按钮开关的输入电路

图2是按钮开关的输入电路，其输入电路是与拨动开关的输入电路相同的。

Ⅱ 输入的命令语句

开始，先按使用要求设置输入输出用的控制字，口状态的读入，使用“INP”命令。根据技术手册，该命令为：

功能	取得输入口的数据
格式	INP(口地址)
语句例子	A=INP(15)
说明	从<口地址>所指定的输入口读取作为函数值的8位数据。

在口地址中代入如下编码：

在A口中代入 &HD0

在B口中代入 &HD2

在C口中代入 &HD4

现在，若执行语句A=INP(&HD0)，就将A口的十进制数据读入了变量A

中。这里是通过与实际的接口连接来执行程序的。

下列程序将 A 口的低 4 位上的开关状态输出到接口监视器上,使 LED 点亮/熄灭,并送到显示器中显示。

```
10  REM  A 口输入
20  OUT  &HD6, &H90
30  A=INP(&HD0)
40  PRINT"A=";A
50  GOTO 30
```

程序的含意如下:

第 20 行　设置 A 口为输入口;

第 30 行　从 A 口输入;

第 40 行　将 A 口的状态输出到显示器(CRT)上显示;

第 50 行　反复读入输入信息。

若运行程序,则未按下过开关的各位的状态一直保持着初始状态,监视器的 LED 就一直亮着。在 CRT(显示器)上则一直显示着"255"。

将各位上的开关分别以每次按一个来接通,则 CRT 上的显示如下:

第 0 位　ON　254

第 1 位　ON　253

第 2 位　ON　251

第 3 位　ON　247

原来,在第 0 位上的开关 ON 时,就可期望输出"1",在第 1 位上的开关 ON 时,就可期望输出"2"。理由是,在开关接通时,所对应位的电压就分别降到了低电平,也就是说,只有当四个按钮都没有按下时,全部位才处于高电平的状态,所以显示器上就一直显示着"255"。

我们下面要做的工作是,将显示器上的显示变为符合习惯的数值(权值)。即以数字"0、1、2、4、8、……"的形式往 CRT 上输出,并选取变量。为此,将程序中的第 30 行作如下变更:

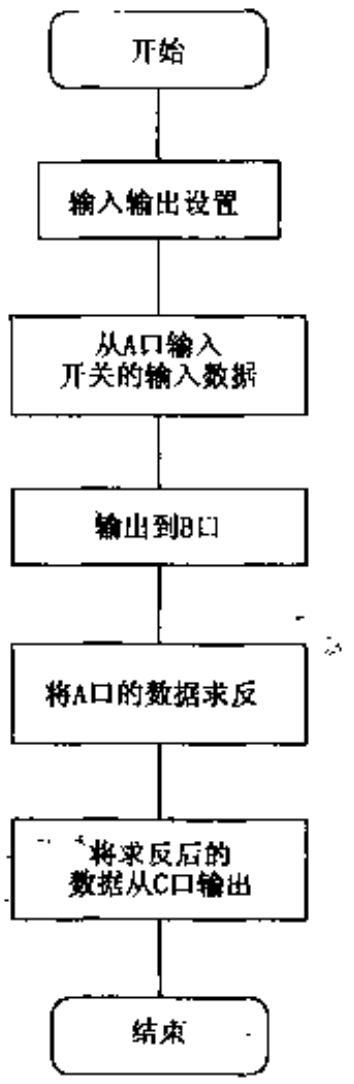
```
30 A=255-INP(&HD0)
```

这是按位求反指令常用的手法。



问题4

读入连接在8255A口上的开关数据，并将数据输出到B口的LED上，然后将数据输出到C口的LED上。




```
10  REM  LED-4
20  OUT &HD6, &H90 (设置 A 口为输入,B 口、C 口
    为输出)
30  A=INP (&HD0)(输入 A 口的开关信息,现在第
    "0"位为 ON 的状态)
40  OUT &HD2,A (监视器 LED 的输出为:●●●●
    ●●●○ )
50  K=255-A (按位求反的功能)
例: 1111 1110
求反:0000 0001
    (数据 A 是以十进制数输入的)
60  OUT &HD4,K(监视器 LED 的输出为:○○○○
    ○○○●)
70  END
```

现在，把输入的开关信息输出到CRT上。为此，追加语句：

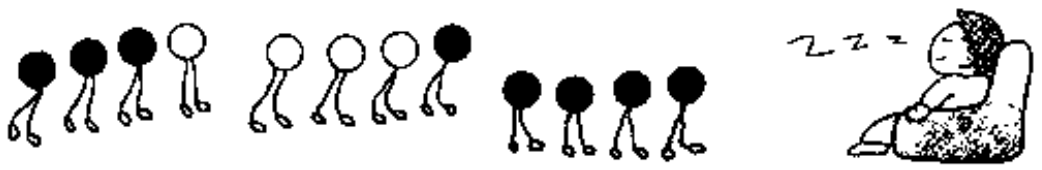
65 PRINT "PORT A=";K

就会在CRT上显示"PORT A="。(按照第50行将开关信息的数据求反，是将它以"位的权值"的数据来输出的。)

再将第70行语句换成：GOTO 30。

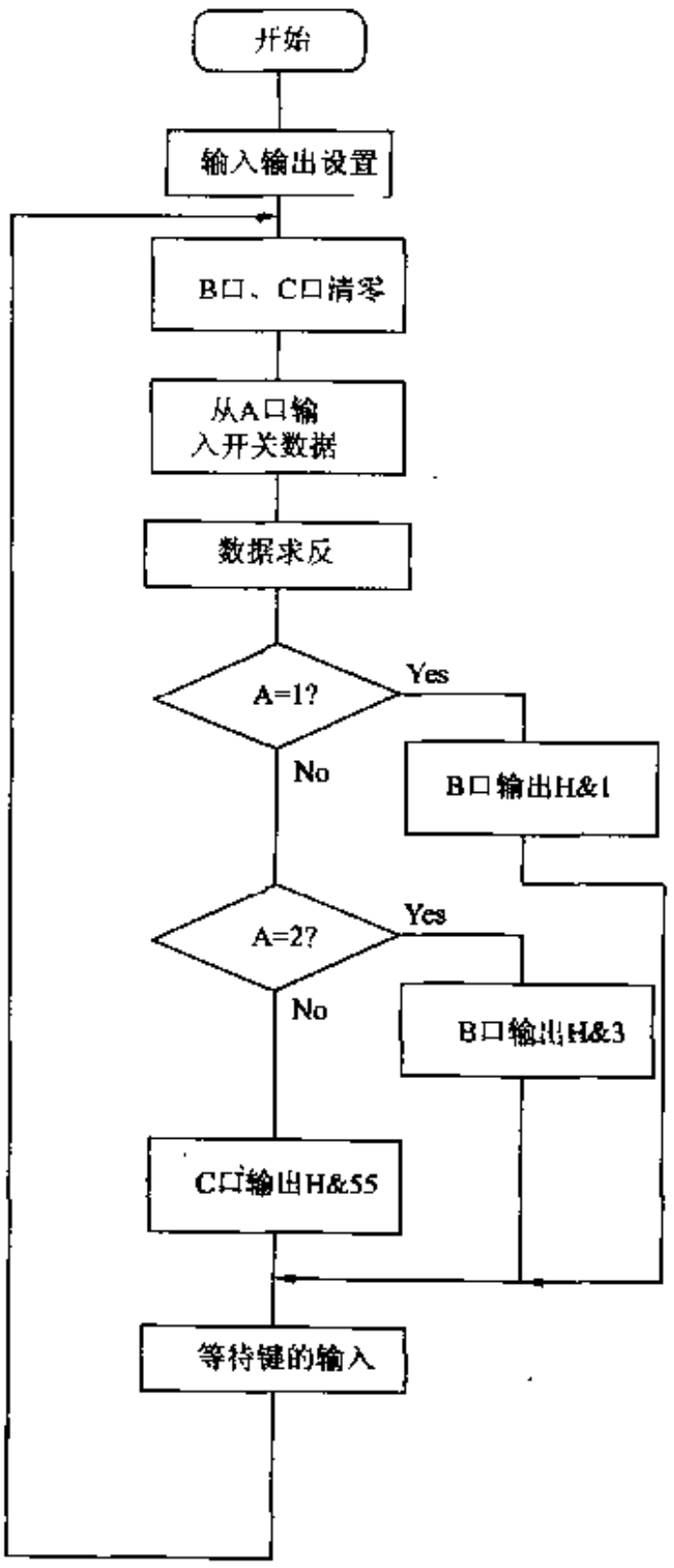
若运行此程序，就可以反复从A口输入开关信息，并从B口、C口输出。此时的控制字是&H90，如果要换成从B口输入，从A口、C口输出，则应当将控制字换成&H82。

这样，如何来使用各口，就可以由你自己来决定了。

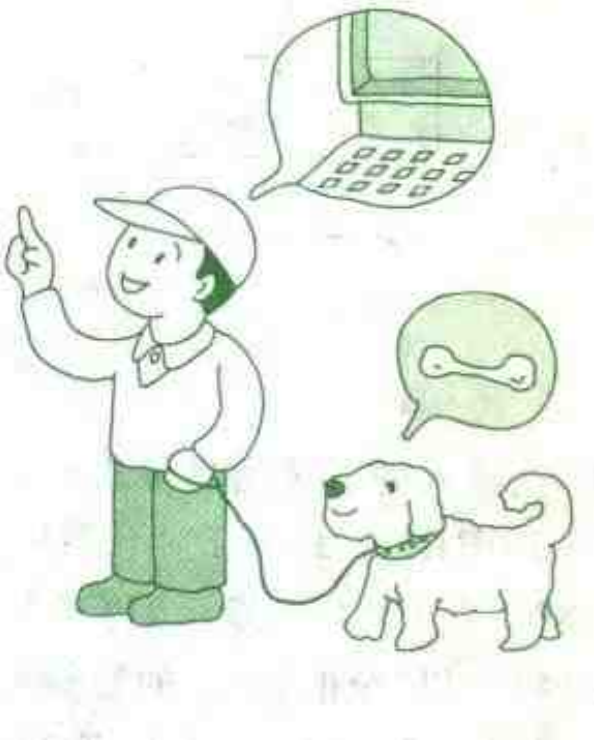


问题 5

读入接在 A 口上的开关数据，当该数据为“1”时，使 B 口第 0 位的 LED 亮灯。当该数据为“2”时，则使 B 口第 0 位、第 1 位的 LED 点亮，并且使蜂鸣器发出声音；而在其他的情况下，均使 C 口第 0、2、4、6 位的 LED 点亮；反复地执行此程序。

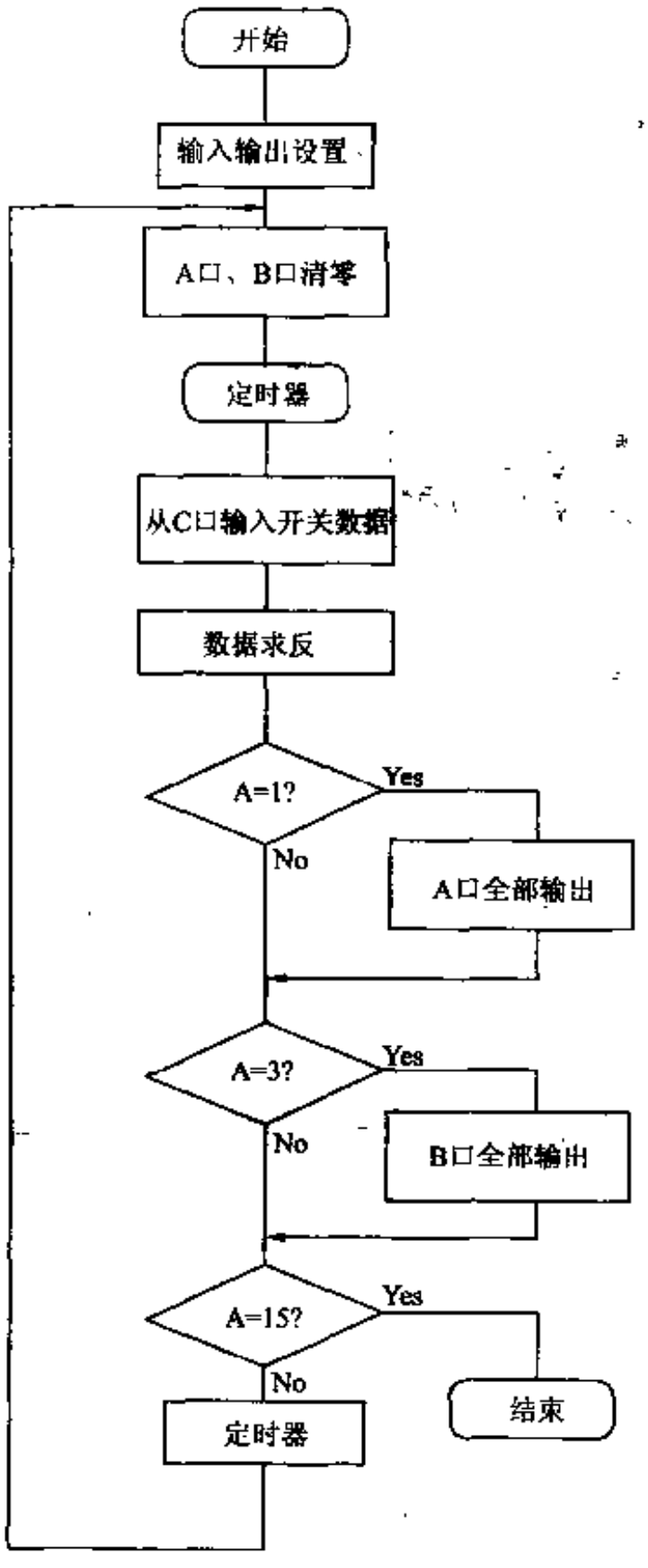



```
10  REM  LED-5
20  OUT &HD6, &H90
30  OUT &HD2,&H0
40  OUT &HD4,&H0
50  A=INP(&HD0)(输入开关信息)
60  A=255-A
70  IF A=1 THEN  OUT &HD2,&H1:BEEP:GO-
    TO 100(○○○○  ○○○●)
80  IF A=2 THEN  OUT &HD2,&H3:BEEP:GO-
    TO 100(○○○○  ○○●●)
90  OUT &HD4,&H55(监视器 LED 输出)○●○●
    ○●○●
100 I$=INPUT$(1)(等待某个键的输入)
110 GOTO 30
```

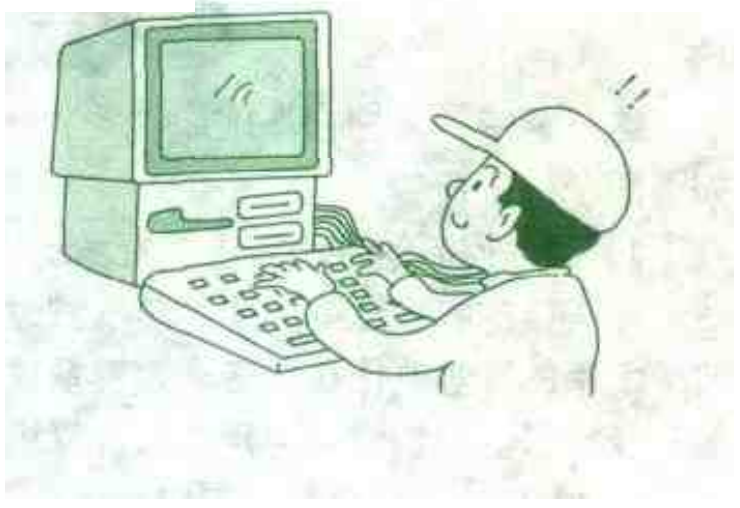


问题 6

根据与C口低4位相连的各位开关的信息控制LED，开关信息为“1”时，A口的LED开始点亮和熄灭；当开关信息为“3”时，B口的LED开始点亮和熄灭；当开关信息为“15”时，停止LED的工作。




```
10  REM  LED-6
20  OUT &HD6, &H89(从C口的高位、低位输出)
30  OUT &HD0,&H0
40  OUT &HD2,&H0(A口、B口的LED熄灭)
50  FOR I=0 TO 500: NEXT I(定时器延时循环)
60  A=INP(&HD4)(从C口输入开关信息)
70  A=255 -A(数据求反)
80  IF A=1 THEN OUT &HD0,&HFF(当数据为1
    时,A口的LED全部点亮)
90  IF A=3 THEN OUT &HD2,&HFF(当数据为3
    时,B口的LED全部点亮)
100 IF A=15 THEN END(当输入数据为15时,程序
    结束;从第0～3位这四位同时输入)
110 FOR I=0 TO 500: NEXT I(定时器延时循环)
120 GOTO 30
```



第4章

使用个人计算机的简单控制入门(应用篇)



本章的学习内容

这一章中，要把在基础篇中所学到的基础知识真正地应用到组装电路。要制作如下四个模型：

1. 键盘控制的自动音乐演奏系统

在宾馆的咖啡厅等场所，总欣赏过小提琴的自动音乐演奏吧。这一节就利用能简单上手的键盘制作自动音乐演奏系统。音乐只要抓住所谓的“音阶与音长的时序图”就行了。我们就学习用个人计算机控制的音阶与音长。

2. 模/数(A/D)转换的温室控制系统

这一节中要学习通过温度传感器测量作为模拟量出现的温度，并将其温度的信息转换为数字量的电路。然后用这个数字信息控制个人计算机来驱动控制温度的执行机构。

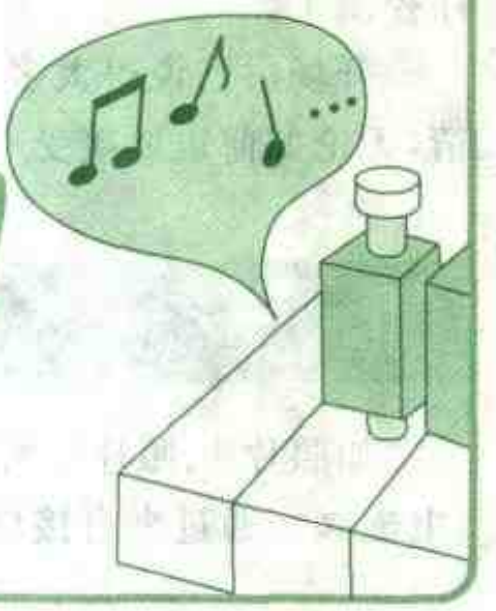
3. 汽缸控制的气动机器人系统

机器人作为自动化与减轻劳动强度的主力活跃在工厂的实际操作现场,本节介绍利用个人计算机控制气动执行机构的机器人。

4. 交流100V的交通信号灯控制系统。

提供制作实际交通信号灯控制系统的模型，学习用个人计算机控制该系统的顺序控制电路。

1 键盘控制的音乐自动演奏系统



I 自动演奏的设计

我自己从小时候就不善于在公众场合唱歌，或者说是“五音不全”。小学时自己吹口琴也分不清是“do”还是”re”。因此，至今还不会吹口琴。但我却非常喜欢听音乐，一听到哪儿传来音乐，就会精神振奋。

当然，总想“如果能用演奏来代替唱歌就好了”，这是我小时候的梦想。

因此，不考虑音乐的演奏与艺术性，从机械上来考虑，就可以理解“乐谱就是音阶及其音长的时序图”的说法。

这样，如图 1 及照片 1 所示，把琴键当作一个开关，用“do”弹四分音符，接

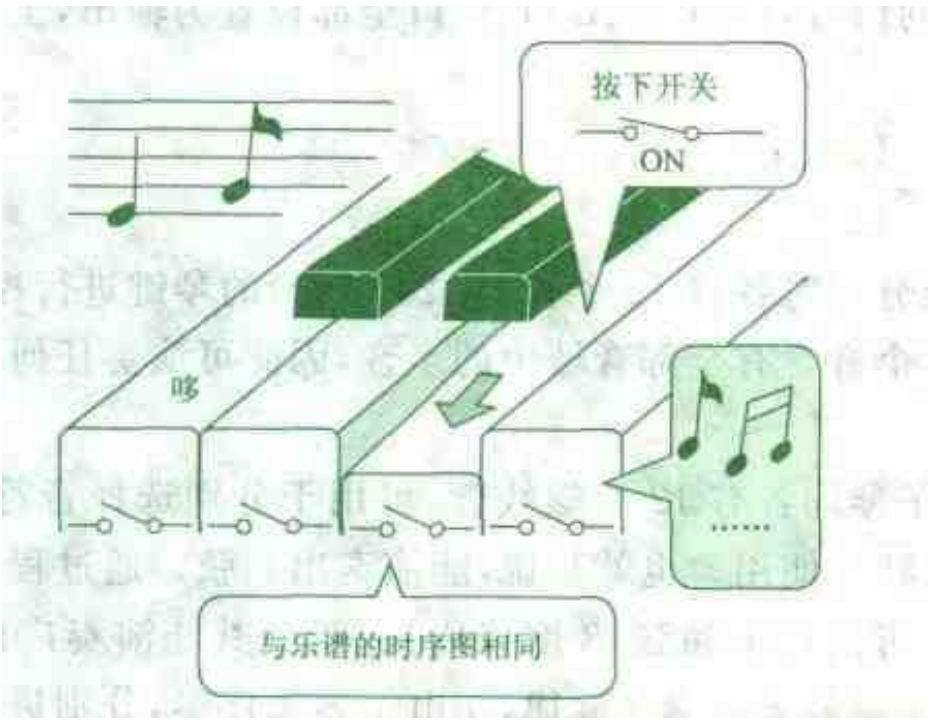


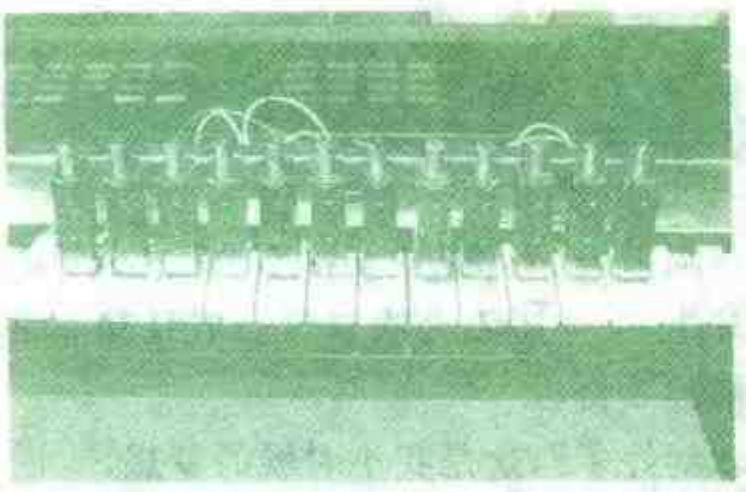
图 1 关于音阶与琴键

着用弹"re"的八分音符的一个快速开关，只接通其一半的时间，就构成了按顺序的时序图。反过来，通过个人计算机演奏音乐，就成了通过时序图来进行顺序控制了。

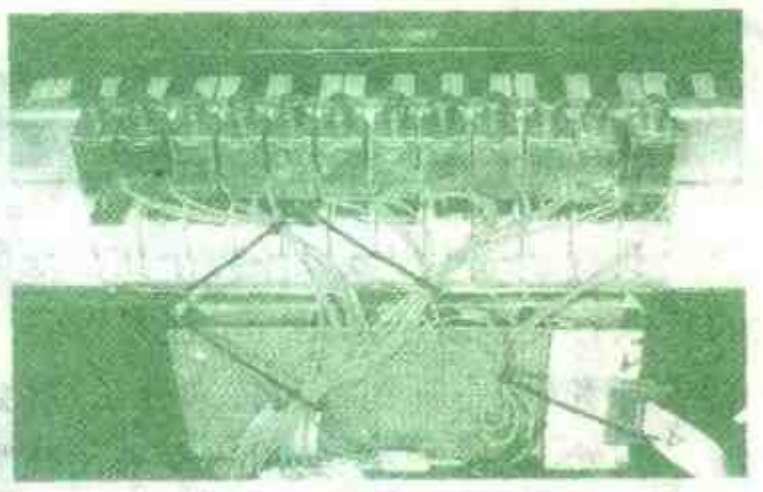
开场白已说得太多了，控制机构能表演自己喜欢的音乐是令人满意的事情，无论如何也要接受一下挑战呀！

Ⅱ　自动演奏装置的特征

如照片 1、照片 2 所示，按电子琴或风琴的琴键的驱动动作，用的是螺线管(电磁阀)，通过来自接口的信号，利用螺线管的直线运动来演奏曲子。



照片 1　设置在电子琴琴键上的螺线管



照片 2　设置在风琴琴键上的螺线管

来自接口的信号，将 A 口、B 口、C 口全部设置为输出，全部 24 位的信号分别为：

风琴用　　12 位；

电子琴用　12 位。

因此，就能分别对各自 12 个音(共 24 个音)的琴键进行控制(演奏)。

所说的 12 个音含有全部音域中的半音，因此可演奏任何乐曲，但是没有设置半音键。

风琴与电子琴均各有 12 个螺线管，可用于分别选择音符(指定琴键)与动作时间，都可以独立使用。也就是说，能演奏出和弦。通过程序，根据同时动作的任一螺线管，可演奏出和弦(8 度以内)。听到其能演奏广阔的音域，真令人愉快。也可以用风琴来演奏主旋律，用电子琴来伴奏，分别进行弹奏。并且，用同样的方法，曲子的高音部与低音部也可以分别演奏。演奏的速度(节拍)，可

根据曲调任意设置，以基准时间的比值为单位来成倍地增大。通过编写不同顺序的程序，就能自动演奏丰富多彩的音乐。

Ⅲ　用个人计算机的自动演奏系统

来自个人计算机的信号，通过接口驱动螺线管直接敲击风琴、电子琴的琴键，即引起发声的执行机构（螺线管）的动作。

图 2 表示自动音乐演奏系统的结构

如图 3 所示，用于风琴的继电器的驱动，由 C 口的 8 位与 B 口低 4 位分担。电子琴的驱动则由 A 口的 8 位与 B 口的高 4 位来分担。按这样分配，通过螺线管来驱动各自的 12 个音的琴键。

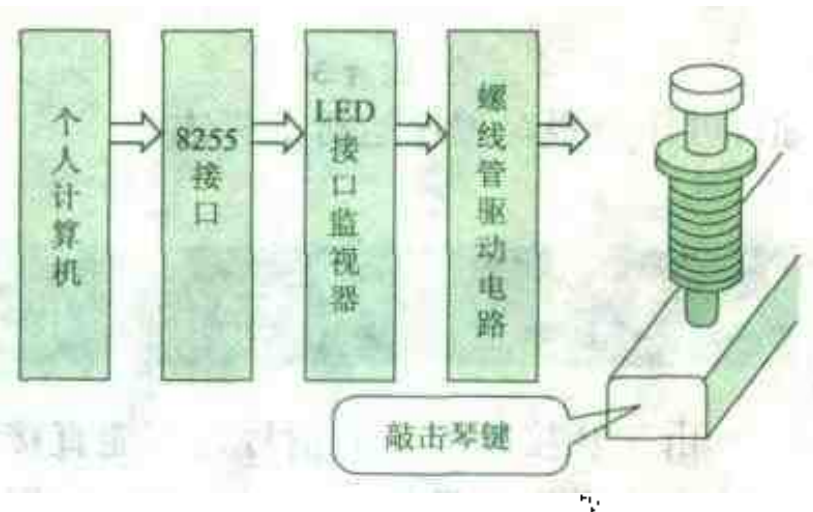


图 2　自动音乐演奏系统的简图

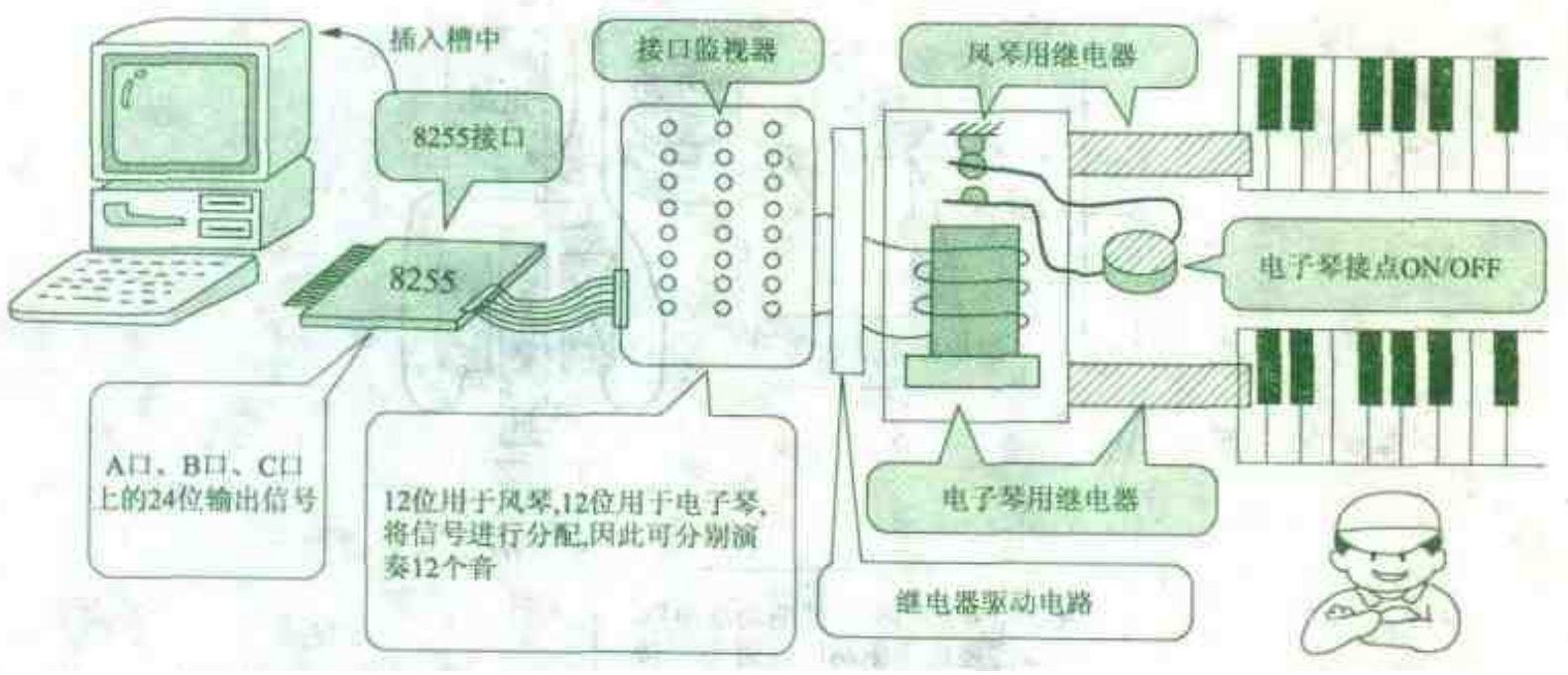
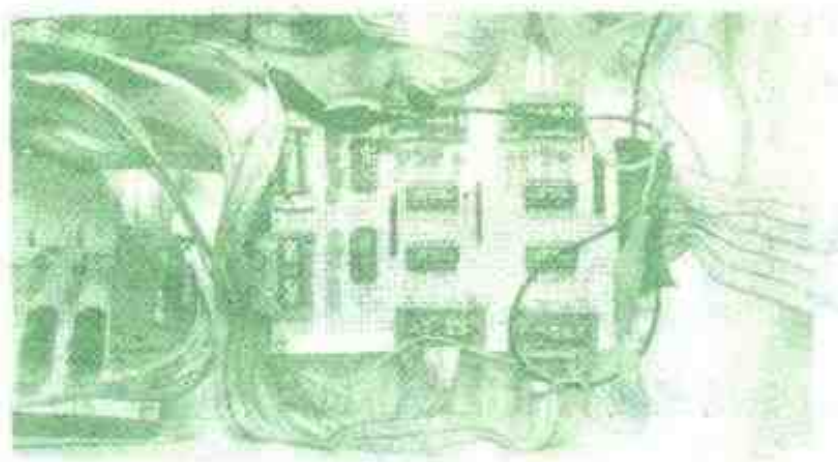


图 3　接口信号的分配

Ⅳ　接口监视器

从接口出来的信号通过 LED 接口监视器（照片 3：以前制作的装置）来进行监视。



照片 3

当作为自动演奏系统来工作时,比如只有 LED 正常工作,而螺线管未动作时,可检验驱动部分。并且,当监视器的 LED 本身未动作时,可用于检验接口等。接口监视器在硬件的故障诊断上非常有用。同时,在正常演奏时,监视器的 LED 本身,还能看到其轻松的节拍,可作为跟踪程序运行的标志。

V　整个电路的构成

由于从接口出来的信号是不能直接驱动继电器的。为此,用图 4 所示的晶体管电路来将信号放大。图 5 表示详细的放大电路。

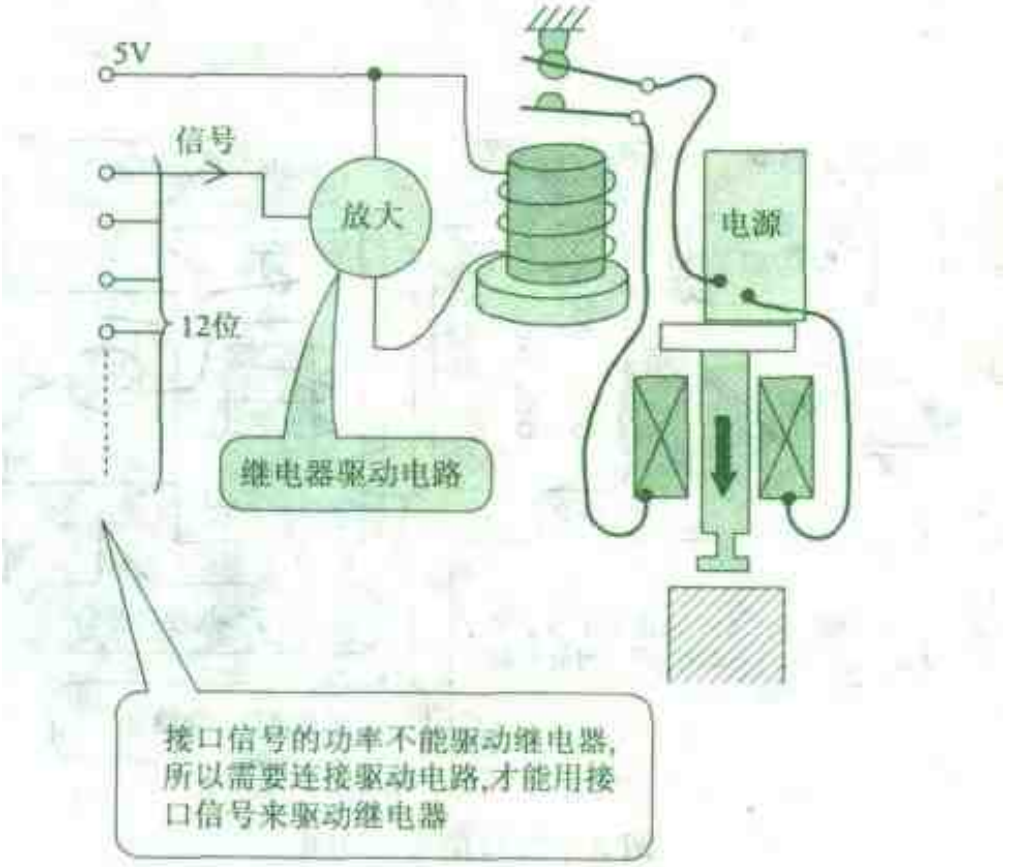


图 4　接口信号的放大

图中所用的晶体管为 A 型的 2SA1015,晶体管电路中常用的 2SC1815 是一种称为"互补(同样规格定额、但极性相反的晶体管)型"的晶体管。

在制作电路时,偶尔会用库存最多的元件,此时,应选用适合于小信号放大

的数字电路及集电极电流为 100mA 左右的装置驱动用的晶体管。

使用 2SC1815 时，因极性相反，所以要用经过变换的电路(参见图 6)。

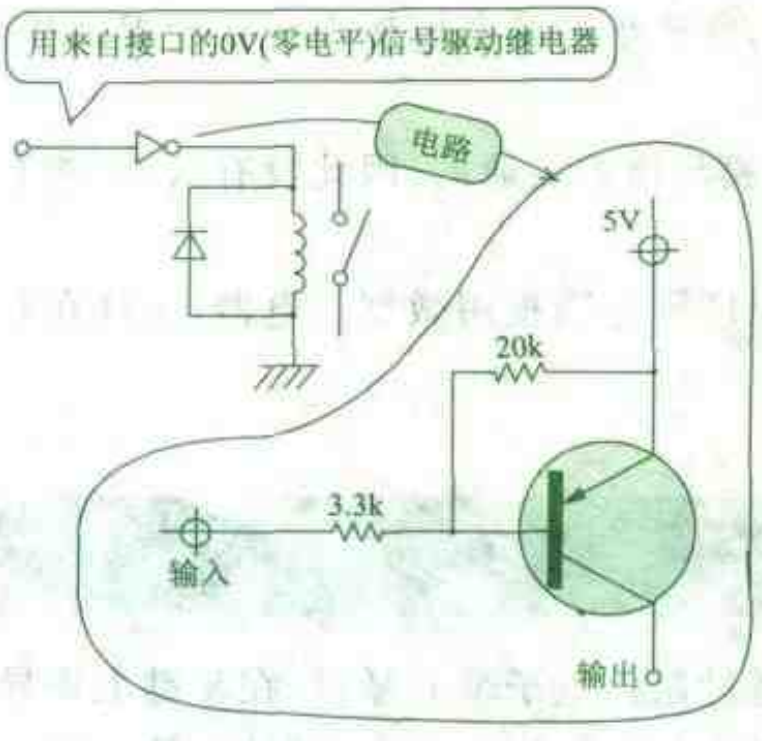


图 5　晶体管放大电路

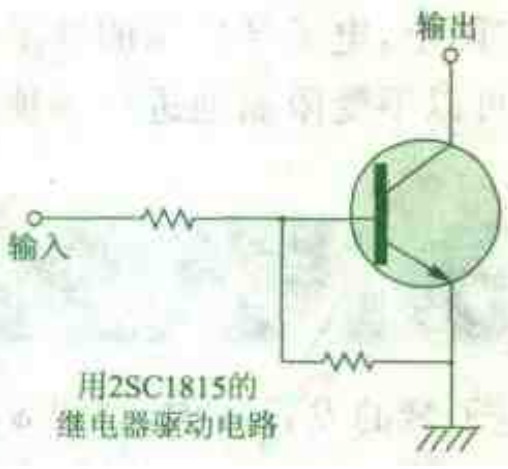


图 6　用 2SC1815 的电路

图 7 表示风琴演奏用的继电器电路详图，连接在继电器电路上的二极管是抑制继电器断开时产生的反电势(也称浪涌电压)用的。另外，从电路的结构可知，这个继电器是在接口输出的信号为“0”(0V)时动作的。

继电器 ON 时，通过设置在琴键上的螺线管动作，即可弹奏出声音。

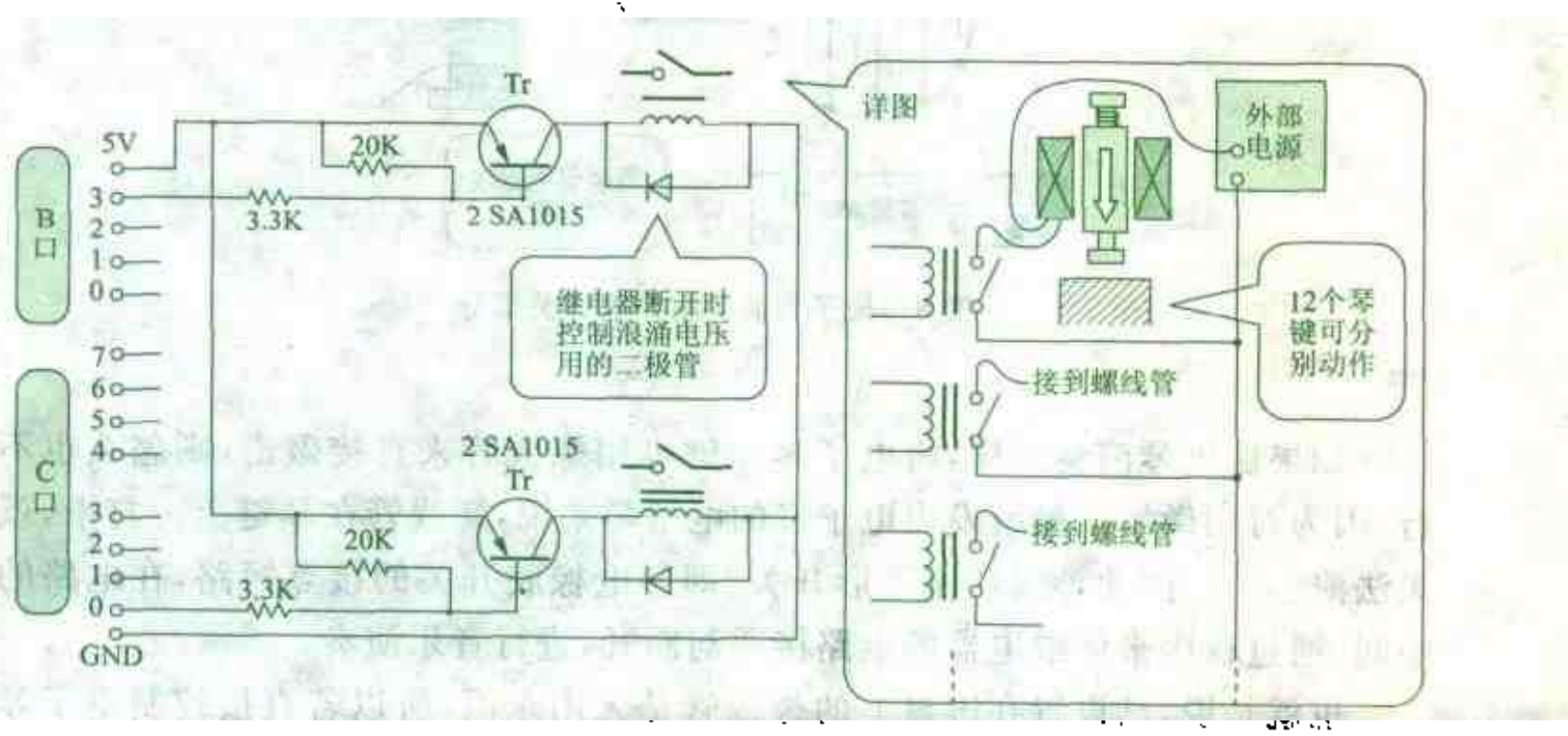


图 7　风琴演奏用的电路

Ⅵ　风琴用继电器

考虑风琴用继电器在螺线管动作时，所产生的浪涌电压会产生的误动作，所以使用水银继电器(动作电压为 DC5V)。

水银继电器的接点是通过水银的薄膜与衔铁接通的，因此没有抖动，能有效防止噪声、浪涌电压。

实际上，电子琴所用的继电器也可用印刷电路板用微型继电器，这样在制作时，可以不受限制地进行各项试验。

Ⅶ　电子琴用继电器

电子琴的发音结构，如图 8 所示。通过敲击电子琴的琴键，在琴键上用导电橡胶制成的“梳子形开关”就会通电，便从音源发出“do、mi、so”的电子音来。

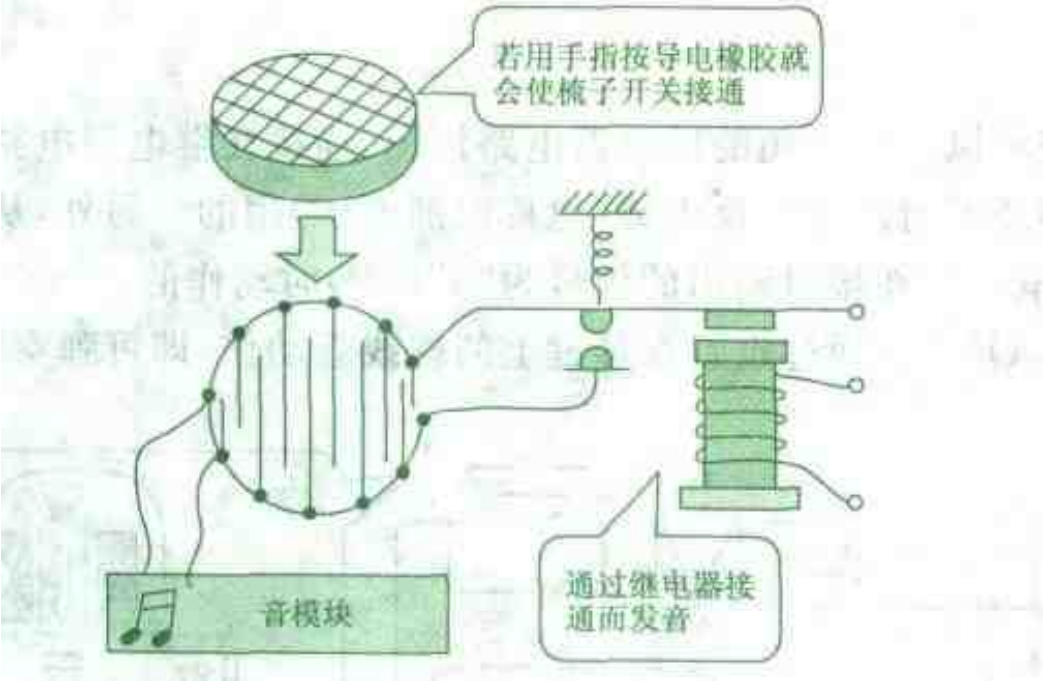


图 8　梳子形的导电橡胶开关部分

如果像风琴演奏那样，将电子琴琴键也用螺线管来直接敲击，则怎么也不行，因为对用微妙接触就发出电子音的电子琴来说，螺线管在琴键上一打滑，就无法演奏了。因此，要将“梳子形开关”即导电橡胶开关的接点短路，在电路的中间，通过程序来使继电器的电路接通与断开，进行音乐演奏。

也就是说，已设置在键盘上的螺线管是无用东西，所以若直接控制电子琴音源的话，就不需要螺线管及其驱动用继电器了。

大家各自花些时间，自己解决一下这些问题。如此例中所示，通过某个信号，想进行两种控制的情况下，则使用继电器（图 9）还是有效而便利的。

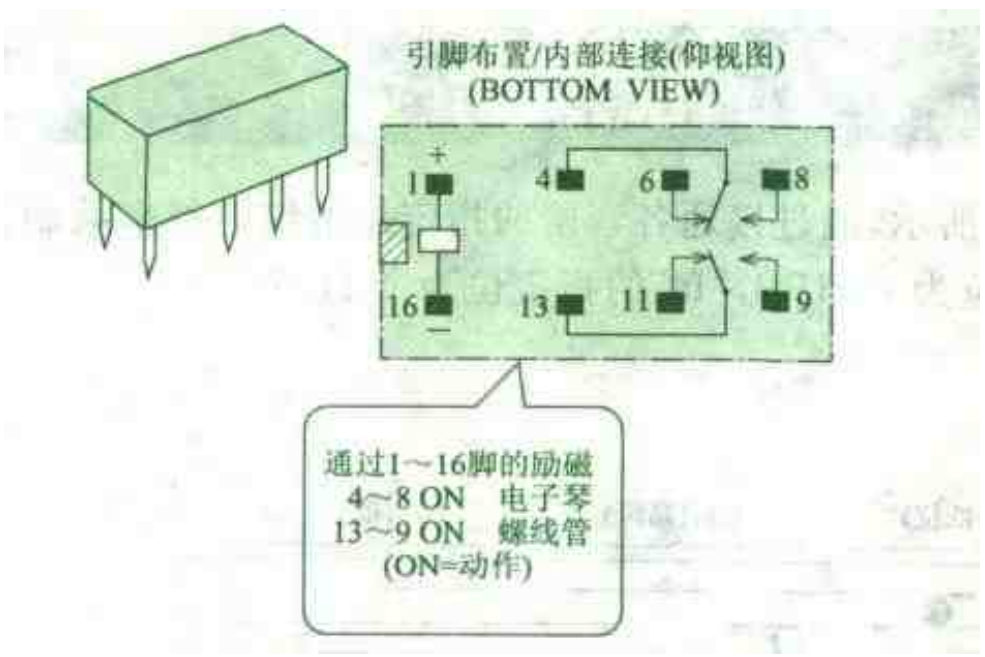


图 9　继电器的结构

Ⅷ　螺线管

如图 10 所示，螺线管是利用电磁铁吸引铁片的原理制造的。

假设图 10 中的线圈中流过电流，使可动铁芯被吸到线圈方向，向下作垂直运动，便可利用此动作来敲击琴键。

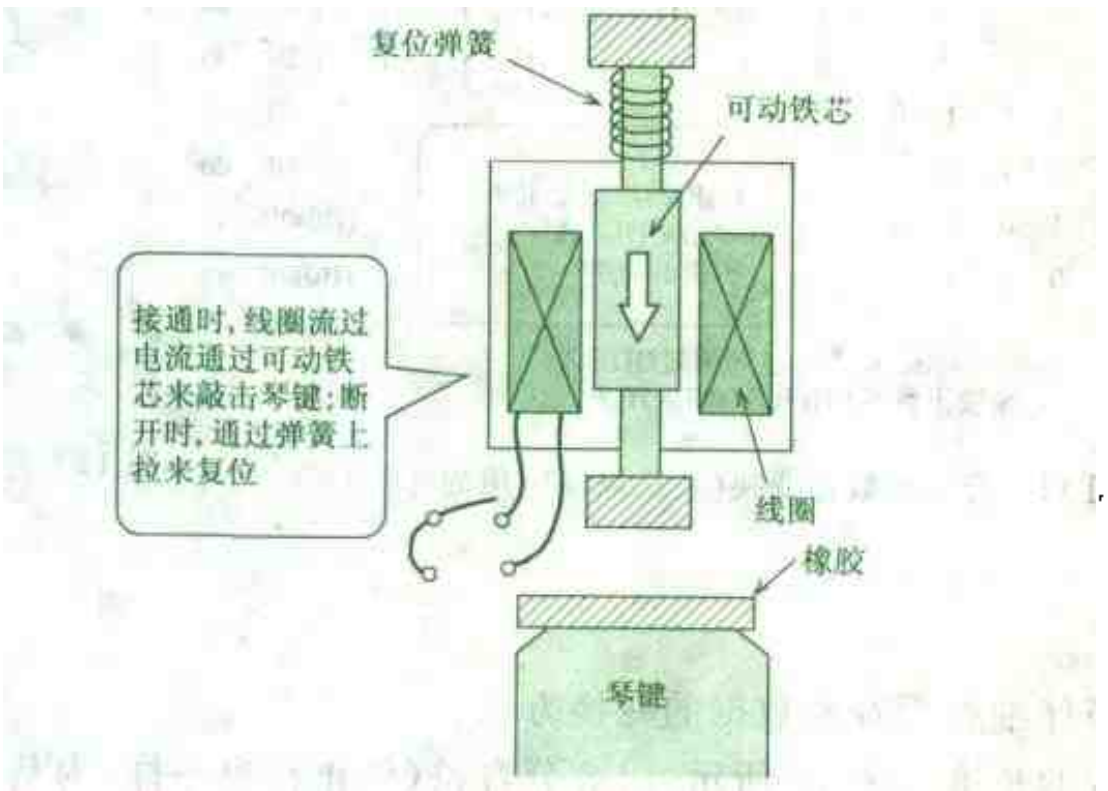
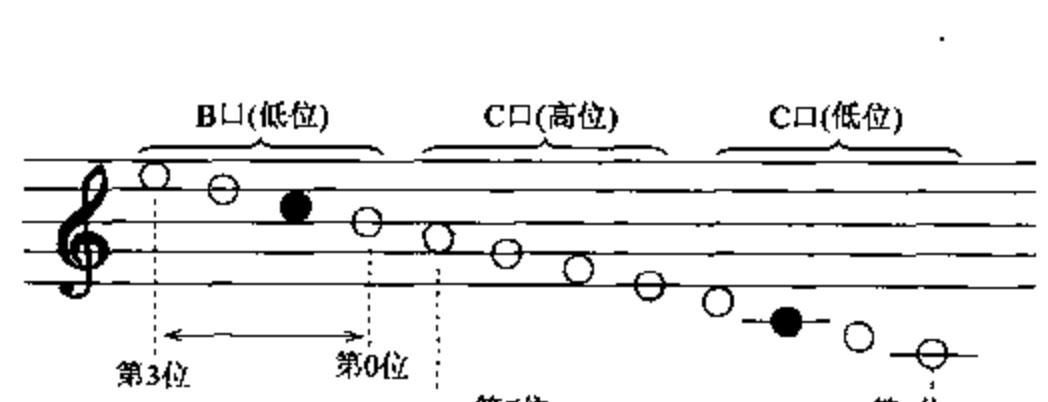


图 10　螺线管的动作原理

螺线管的复位动作是借助螺线管本身上部的弹簧来进行的，同时，为了使螺线管动作还需要用外部电源。

Ⅸ　演奏程序的编制
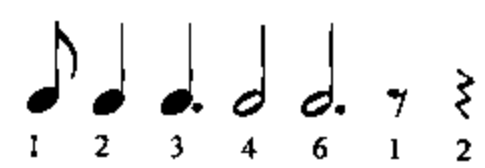
如图 11 所示，通过接通各音阶的指定用的继电器来编制程序。例如，低音“do”的指定位为 &HFB，“fa”的指定位为 &HDF。











第7位 ← → 第0位

1	1	1	1	1	1	1	1	&H	
1	1	1	1	1	1	1	0	FF	la
1	1	1	1	1	1	0	1	FE	xi
1	1	1	1	1	0	1	1	FD	do
1	1	1	1	0	1	1	1	FB	re
1	1	1	0	1	1	1	1	F7	mi
1	1	0	1	1	1	1	1	EF	fa
1	0	1	1	1	1	1	1	DF	so
0	1	1	1	1	1	1	1	BF	la
								7F	xi
								(E0)0E	do
								(D0)0D	re
								(B0)0B	mi
								(70)07	

所示的数是风琴所用的指定音阶数据，关于电子琴所用的指定音阶数据，应当将C口换为A口

1	1	1	0
1	1	0	1
1	0	1	1
0	1	1	1

()内的数据是电子琴指定B口(高位)所用的音阶

因此，用do、re、mi时，可通过OUT语句来输出数据&HFB，&HF7，&HEF

图 11　音阶的数据变换(表示风琴所用的音阶)
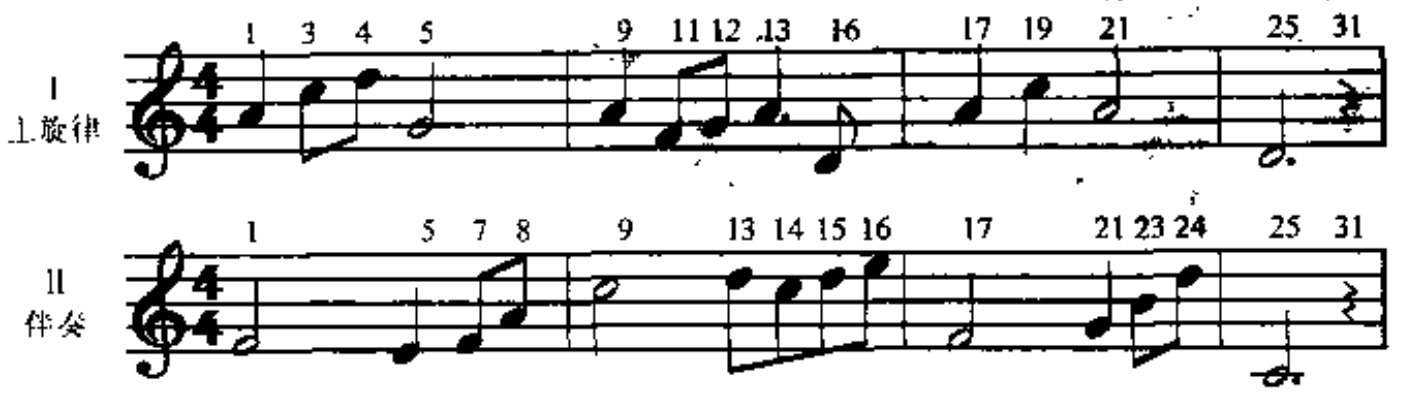
图 12　音符与休止符之间的关系

应当仔细查看音阶数据的变换方法：

发音的长度如图 12 所示，以 8 分音符(休止符也一样)为基准。

图 13 是一个乐谱程序的例子：





当N=1时,风琴 : "la"
电子琴: "fa"
当N=3时,风琴 : 高音"do"
当N=4时,风琴 : 高音"mi"
当N=5时,风琴 : "so"
电子琴: "mi"
当N=7时,电子琴: "fa"
当N=8时,电子琴: "la"
当N=9时,风琴 : "so"
电子琴:高音"do"
当N=11时,风琴 : "la"

```
"7F"  IF N=1  THEN OUT &HD 0, & H7F
"DF"          :OUT &HD 4, &HDF
"0 D"  IF N=3  THEN OUT &HD 0, & HFF
              :OUT &HD 2. &H0D
                  消除A口的音
"0 B"  IF N=4  THEN OUT &HD 2, & H0 B
"BF"  IF N=5  THEN OUT &HD 2, & HFF
              :OUT &HD 0, &HBF
"EF"          :OUT &HD 4, &HEF
"DF"  IF N=7  THEN OUT &HD 4, & HDF
"7F"  IF N=8  THEN OUT &HD 4, & H7F
"BF"  IF N=9  THEN OUT &HD 0, & HBF
"D0"          :OUT &HD 4, &HFF:OUT &HD 2,D 0
"7F"  IF N=11  THEN OUT &HD 0, & H7F
```

N=9~12之间的电子琴高音"do"就发不出来了。

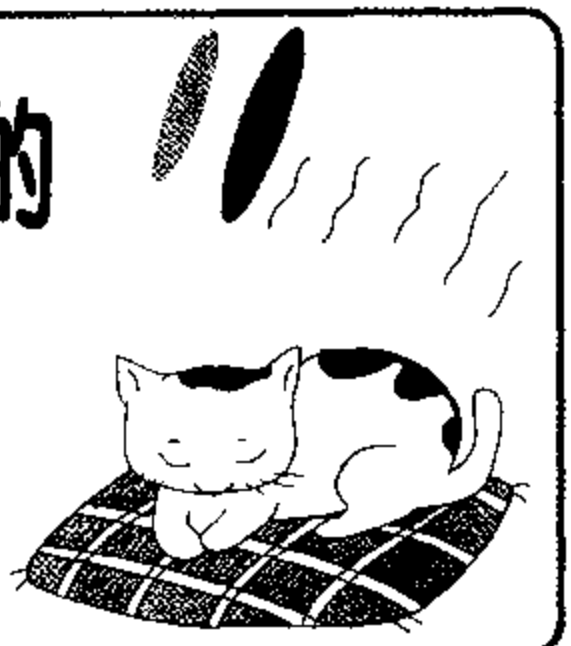
<程序例子>

```
100 T=5
110 FOR N=1*T  TO 32*T
120 IF N=1*T THEN OUT &HD 0, &H7F
              :OUT &HD 4,&HDF
130 IF N=3*T THEN OUT & HD 0, &HFF
              :OUT &HD 2, &HD 0
NEXT N
```

把一小节作为32个单位,接通随着音乐伴奏各种音符的继电器来延时

图 13 乐谱与程序的例子

2 用模/数(A/D)转换的室温控制系统



Ⅰ　室温控制的设计

我们的日常生活中，常听到这样的话："今天有点热，而且，白天时间又极长，少做点事吧"。

这句话中，用"有点"、"极"之类名词所表示的状态，应当说是指连续变化的模拟量。

计算机是处理数字量的。因此，要输入模拟量需要把它转换为数字量，才能进入计算机的输入过程。这一计算机控制中常用的术语，称为模/数(A/D)转换。

这一节中，将用日常最常见的温度变化现象这一模拟量来设计输入计算机的方法。

Ⅱ　温度控制系统

如图 1 所示，系统由以下三部分构成：

① 用最常用的热敏电阻作为温度传感器，作为模拟量的输入电路；

② 将上述的模拟量转换为数字量的转换电路；

③ 控制温度用的执行机构的驱动电路。

这里，我们探讨将来自传感器的数据输入到计算机的 A/D 转换的方法。

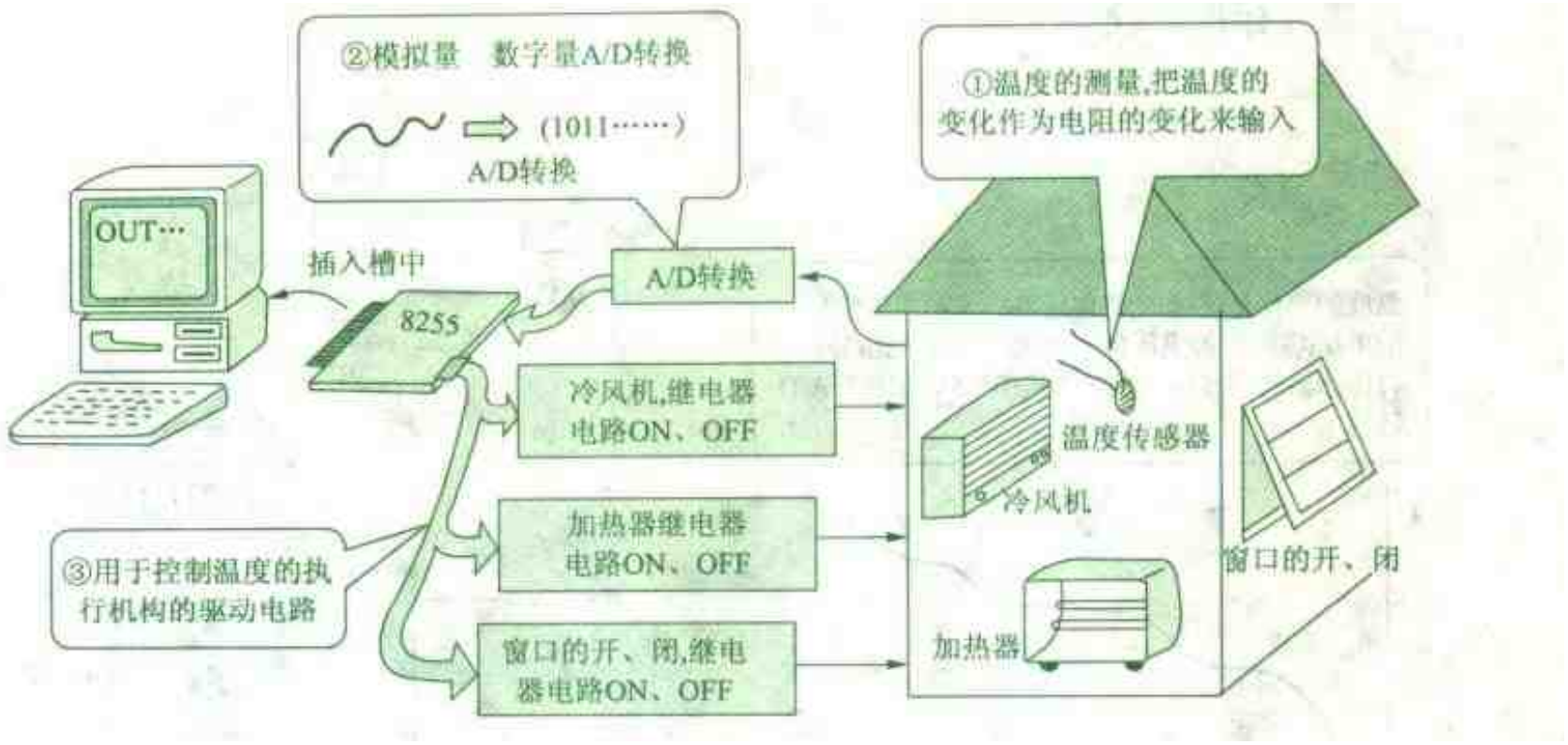
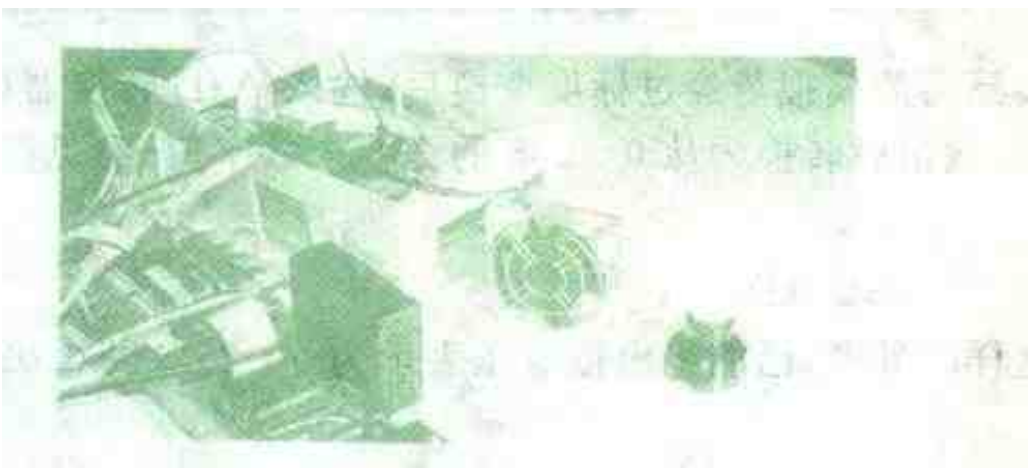


图 1　温度控制系统

Ⅲ　用A/D转换的建筑模型的室温控制

如照片 1 所示,通过温度传感器(热敏电阻)检测建筑模型的室温。当温度过低时,接通加热器(AC100V、白炽灯)的开关来升温;当温度过高时,接通降温用的冷风机开关,并且根据需要启动开闭窗户用的电动机(照片中未显示),以此来使建筑物的室温控制在一定的范围内。



照片 1　要升温用白炽灯,要降温用风机

室温的变化为模拟量对时间的连续变化,如图 2 所示。

如图 3 所示,当模拟量太微弱时要进行放大,当过大时,则要进行分压等处理,用某一范围的电压,如变换为 0～5V 之后再来进行 A/D 转换,把这种变换

处理称为标度变换。

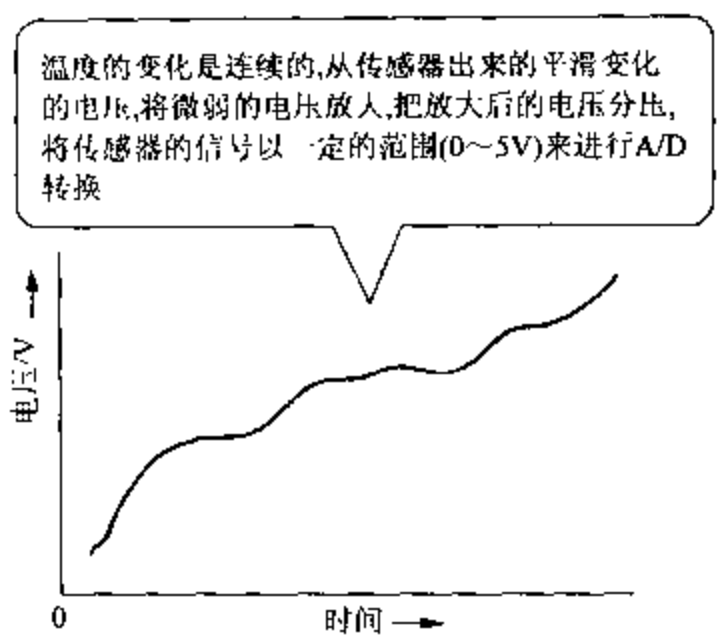


图 2　模拟信号的变化

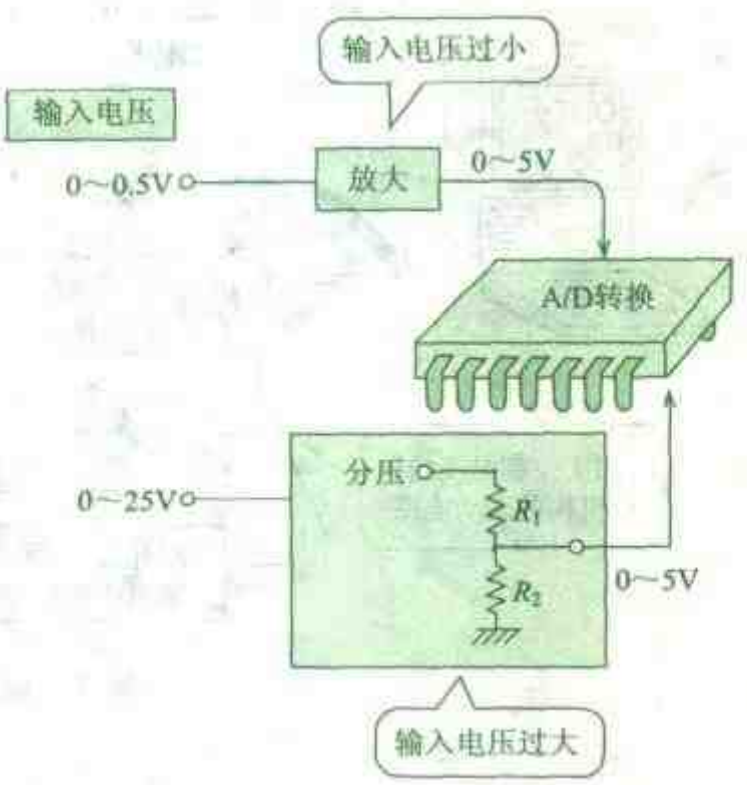


图 3　标度变换的例子

将模拟量转换成数字量的装置称为 A/D 转换器(AD Converter)。

下面探讨 A/D 转换是如何进行的。

Ⅳ　A/D 转换的构成

来自传感器的模拟量经过标度变换后,输入 A/D 转换器(例:0～5V)。对应此时的值,输出就转换为从 0～255 的 256 个数字值(参见图 4),每 1 位的对应值为

$$5V/255\approx0.02V$$

通过这样的处理,已能将模拟电压表示为 0～255,以 0.02V 为单位的 256 个数字量。

现在,若从传感器取得 3.5V 输入电压,此时的数字量即为:

$$x=255\times(3.5/5)\approx178$$

$$178=2^7+2^5+2^4+2^1$$

(1011 0010)这个二进制数可以作为 A/D 转换后输入个人计算机的数据。

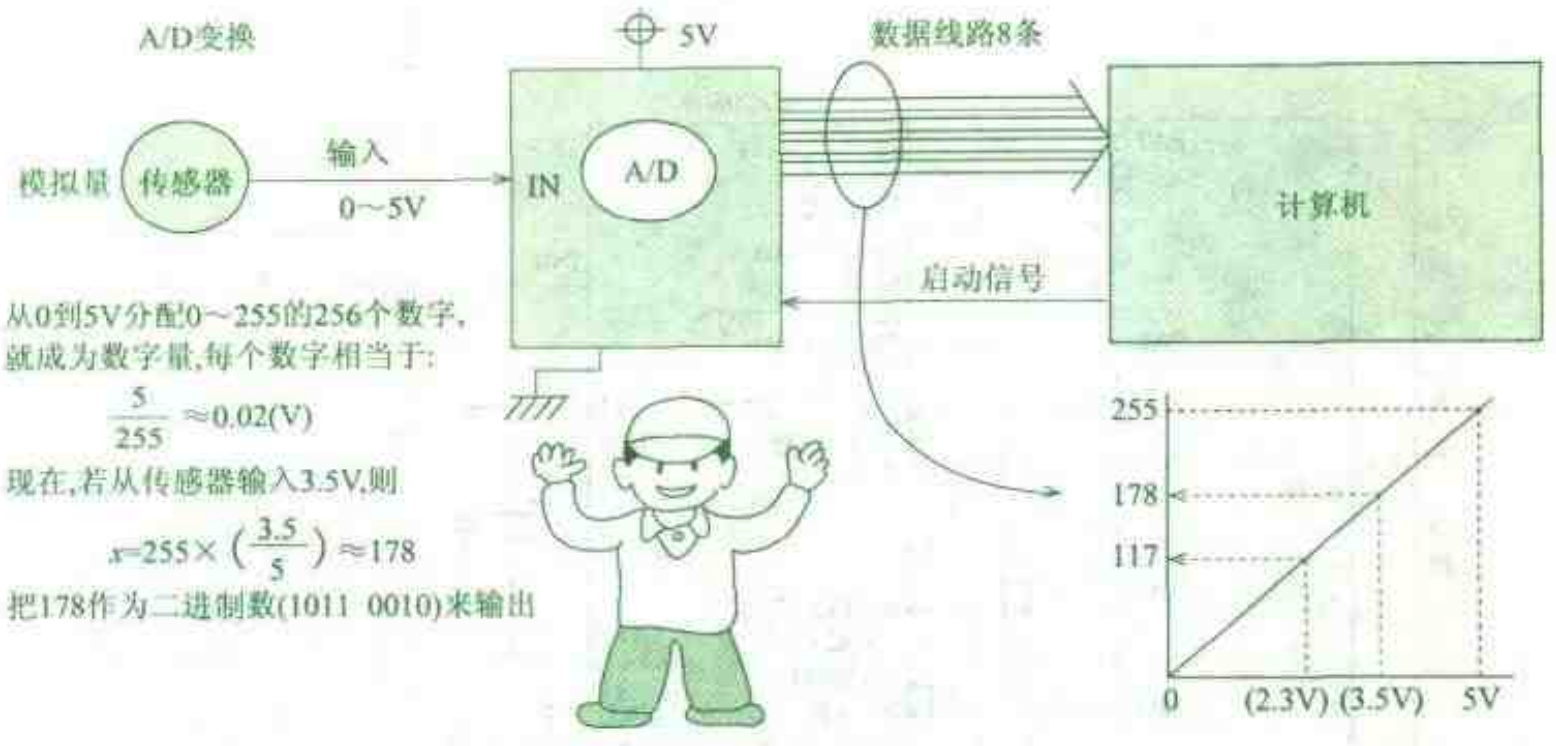


图 4　A/D 转换的构成

再举一个例子：

输入为 2.3V 时，

$$x=255\times(2.3/5)=117$$

$$117=2^6+2^5+2^4+2^2+2^0$$

因此，可将二进制数(0111 0101)作为从传感器输入到计算机的数据，这样的二进制数是将十进制数二的次幂展开，将其系数排列起来就得到这个二进制数。

因此，0～5V 就可转换为(0000 0000)～(1111 1111)的数字量。

Ⅴ　控制电路的组成

图 5 是 A/D 转换器的电路详图，将从温度传感器(热敏电阻)的输入送到 A/D 转换器。这里用的是松下公司制造的 ADC 0809 集成电路。

经过 A/D 转换的数据输入计算机，根据程序所设定的温度控制利用加热器或冷风机的执行机构进行开关。来自个人计算机的信号输入到能直接控制 AC100V 的半导体继电器 SSR(固体继电器)，完成对执行机构的驱动(参见照片 2)。

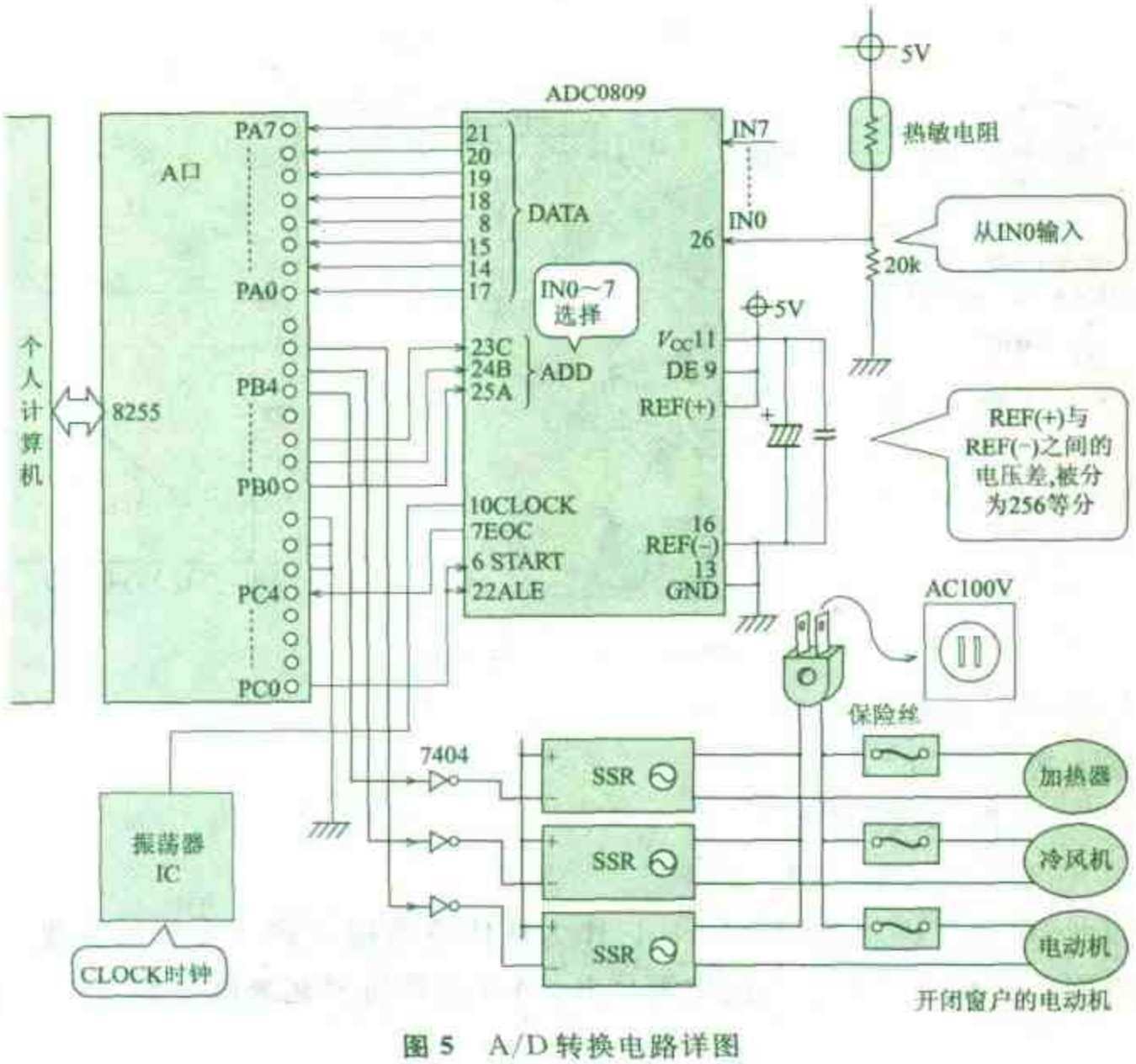
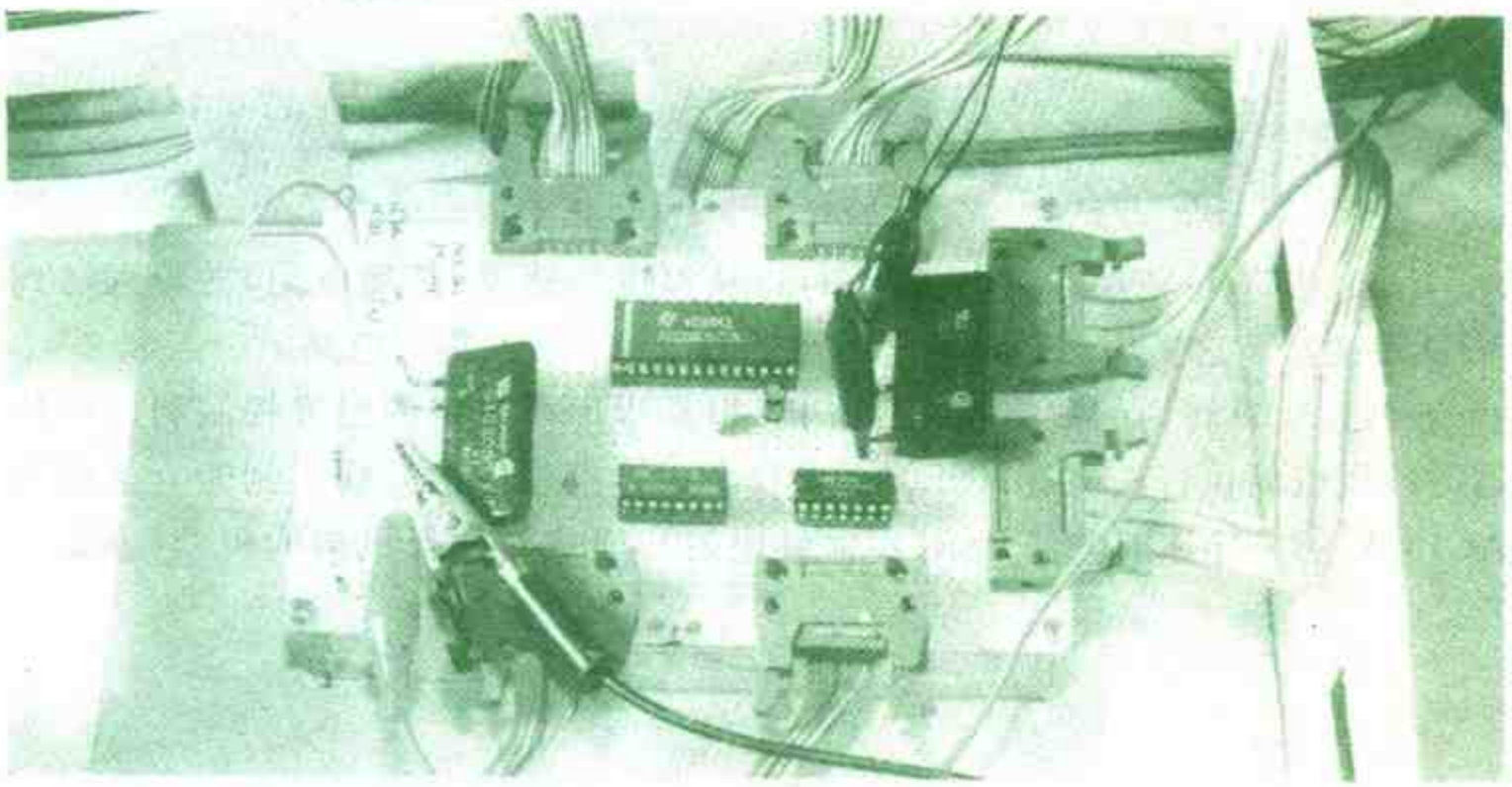


图 5　A/D 转换电路详图



照片 2　A/D 转换器(中间)与固体继电器(两处)

Ⅵ 关于A/D转换器(ADC 0809)

将计算机所要处理的模拟量转换为数字量的是A/D转换器,我们来考察一下常用的"ADC 0809"系列的电路。"ADC 0809"有以下特征:

① 将0～5V的模拟输入电压变为256(0～255)个数字量的集成电路;

② 模拟输入端有8个通道,可通过程序来选择。用B口输出的信号来选择输入管脚;

③ 与其他的IC一样,工作电压为5V;

④ 在REF(+)与REF(—)脚之间施加两个模拟电压,此时为5～0V,分别为它们的上下限,中间就如同前面所说的分为(0000 0000～1111 1111)的256个二进制数字;

⑤ 其启动脚连接在C口的第0位上,若输入"0"→"1"→"0"的信号,就开始A/D转换;

⑥ 约100ms后,当个人计算机确认转换结束(用C口的第4位来进行EOC检验)后,就将来自A口的数据输入计算机;

⑦ 为了从外部加入采样脉冲,使用了IC振荡器。

Ⅶ 用热敏电阻检测温度的电路结构

现在,如图6所示,将在25℃时电阻值为20kΩ的电阻串联,并加上5V的电压。

由于温度的变化,热敏电阻的阻值也随之变化,使中间点的电位产生变化。这样,通过对中间点电位的测量,就可能反过来推算出测量电阻值时的温度。

由图6可知,输入A/D转换器的电压V的大小与热敏电阻阻值X之间存在以下的关系:

$$V/(5-V)=X/r(X=\text{已知电阻:设定为 }20\text{k}\Omega)$$

由该式可求得X为:

$$X=V/(5-V)\cdot r[\Omega]$$

A/D转换器将基准电压分为255等分,将输入电压转换为某一相应的数字值来输出,将这一输出读入"8255"口中,代入热敏电阻的阻值与温度的关系式中(从热敏电阻的温度特性求得的测量温度近似公式),即可计算出实际温度。并将它输出到CRT或打印机等外围设备中。

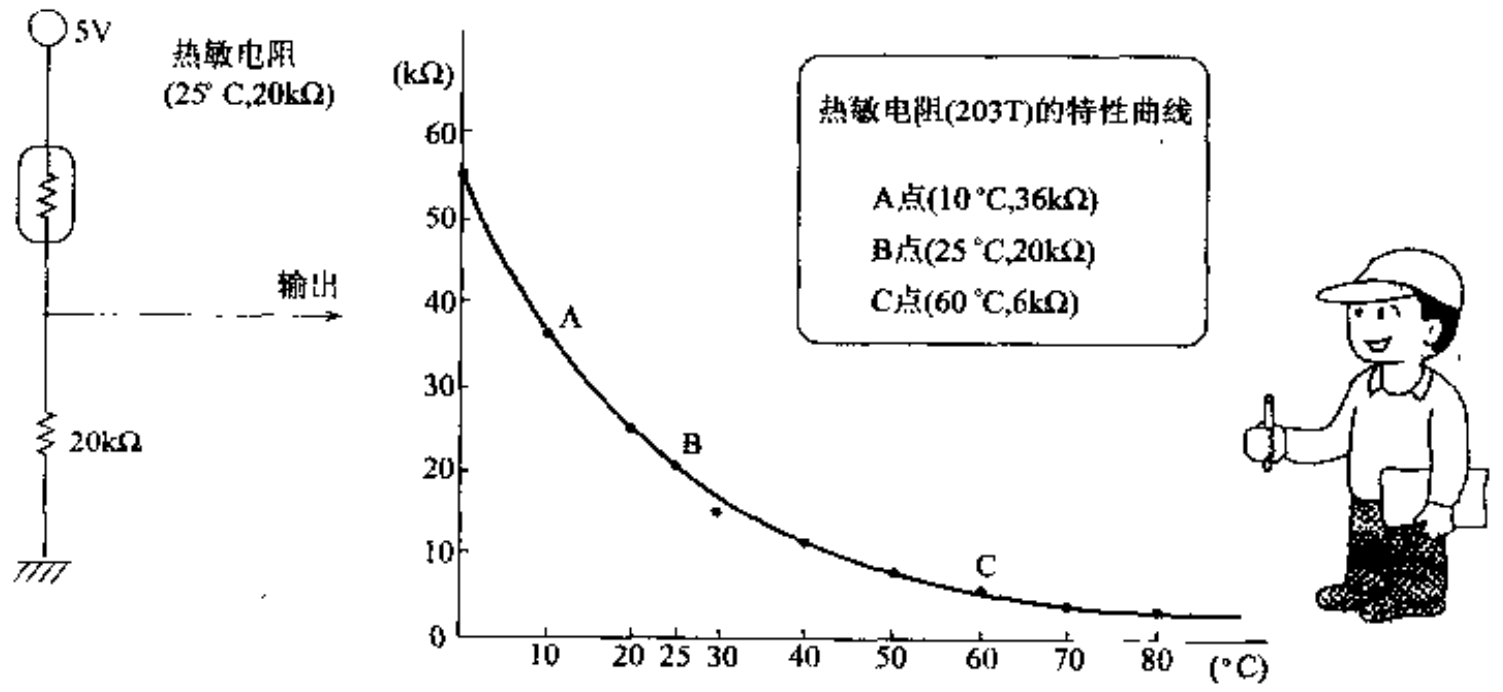


图 6　用热敏电阻检测温度的电路结构

温度近似公式的求法

根据所用的热敏电阻(203T)的阻值-温度特性表(购买热敏电阻时可向商店索取),画出如图 6 所示的电阻-温度特性曲线。

现在　A 点　10℃　36 kΩ

B 点　25℃　20 kΩ

C 点　60℃　6 kΩ

通过这三点画出近似曲线

$$H=a/(X+b)+c \tag{1}$$

在 10℃时,$10=a/(36+b)+c$ (2)

在 25℃时,$25=a/(20+b)+c$ (3)

在 60℃时,$60=a/(6+b)+c$ (4)

从式(2)、式(3)、式(4)可求得

$a=613$, $b=3.4$, $c=-5.6$

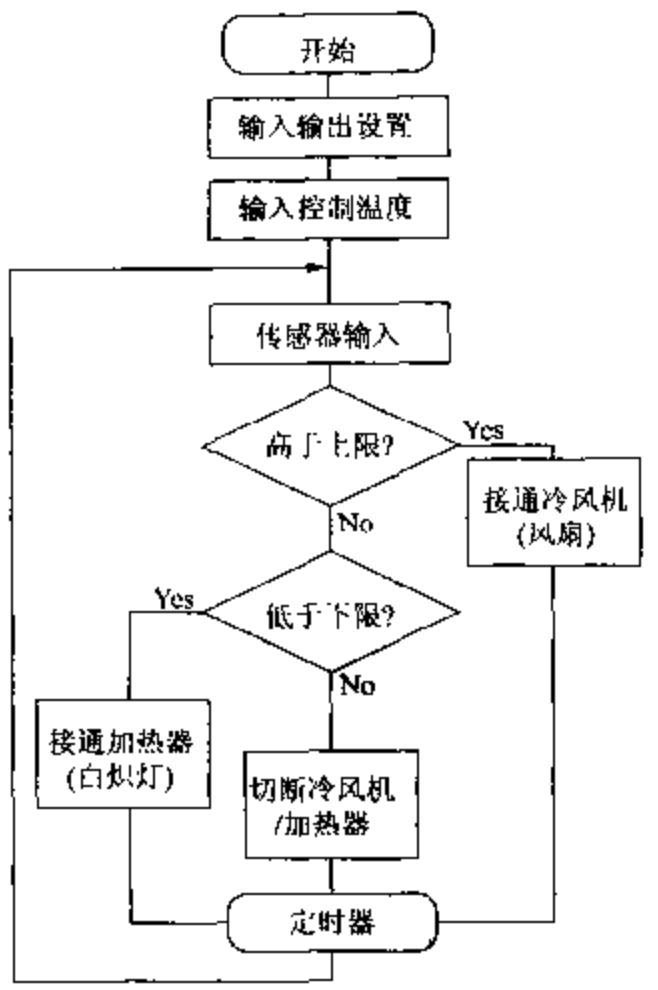
将它们代入式(1),得

$$H=613/(X+3.4)-5.6$$

现在,将 10~60℃时的电阻值代入近似公式,就可求得大致的温度值。

下面,我们列出用这一近似公式的 A/D 转换程序。

Ⅷ　用A/D转换器来测量温度的程序





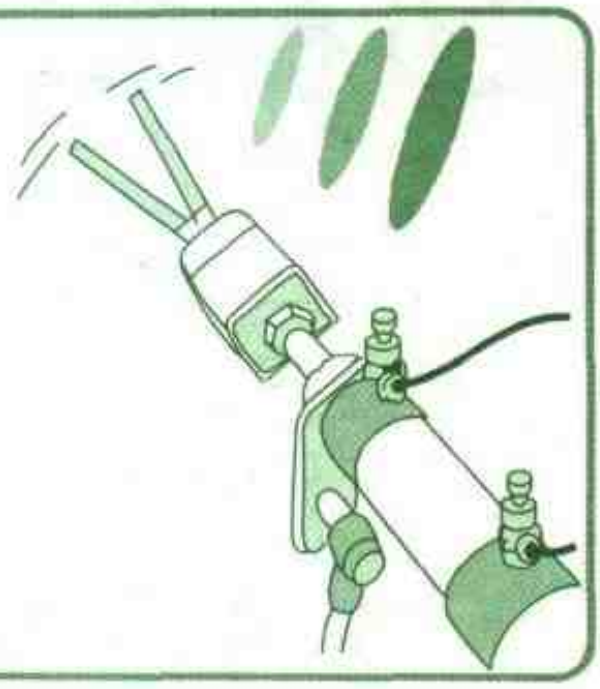
```
10   REM 热敏电阻
20   OUT &HD6,&H98
30   INPUT "HIGH LIMIT";A
40   INPUT "LOW LIMIT";B
50   OUT &HD2,0
60   OUT &HD4,0
70   OUT &HD4,1
80   OUT &HD4,0
90   CN=INP(&HD4)   :CN=CN AND &H10
100  IF CN=0 THEN 90
110  DT=INP(&HD0)   :DT=DT AND &HFF
120  V=DT*5/255
130  X=(5-V)/V*20
140  H=613/(X+3.4)-5.6
150  PRINT USING"##.#℃";H
160  IF H>A THEN 200
170  IF H<B THEN 300
180  OUT &HD2,0: GOTO 400
200  OUT &HD2, &H20: GOTO 400
300  OUT &HD2, &H10: GOTO 400
400  FOR T=0TO10000:NEXT
410  GOTO 60
```

程序说明

第 20 行	设置 A 口、C 口(高位)为输入,B 口、C 口(低位)为输出
第 30,40 行	从键盘输入设定的温度
第 50 行	设置传感器的输入地址……从 IN0 输入
第 60,70,80 行	产生启动脉冲
第 90 行	从 C 口输入变量 CN,进入下一行 &H10
第 110 行	输入数据,16 位中的低 8 位有效
第 120～140 行	代入计算温度的近似公式
第 150 行	显示温度
第 160～410 行	根据条件,接通或切断冷风机或加热器
第 400 行	可根据需要,用定时器调整测量的时间间隔
第 410 行	(无条件循环)

通过执行程序,当低于设定温度时,白炽灯接通(升温);而高于设定温度时,电风扇接通(降温),就能控制建筑模型的室温。

3 汽缸控制的气动机器人系统



Ⅰ 机器人控制的设计

有人说,科技发展到最后一定能制造出能力超过人的机器人。

“机器人”这个名词,若查阅字典的话,就是“用电力驱动的人工制造的人”。且不说机器人是否有超人的能力,但是机器人在人们不愿意工作时,特别有用。比如说:

① 简单的重复工作;

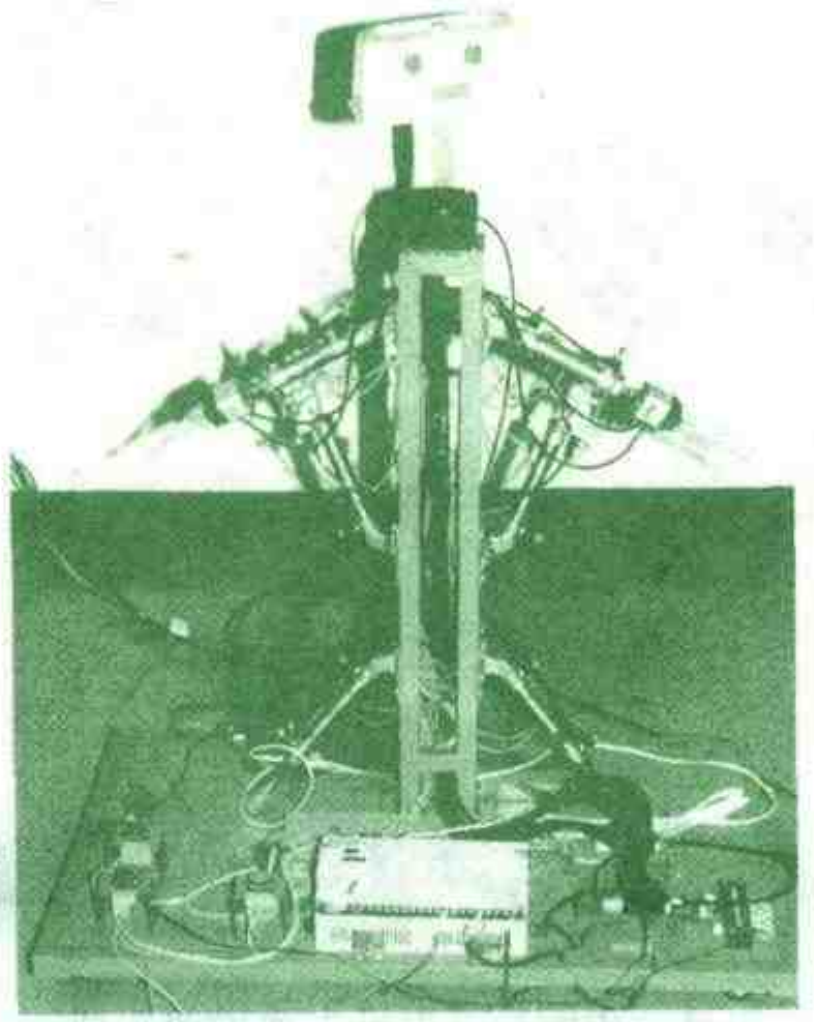
② 危险性大的作业环境。

其中之一就如同大家所知道的建造高速公路的工程现场,有充当旗工的“机器人”,开始见到时就有一种实在做得妙的感觉。也可以说这是一种“能够与人类共存的机器人”的做法。

因此,对于尝试用计算机来控制的人,其梦想之一就是自己制作机器人。在这里,我们来制造一种利用汽缸的个人计算机控制的机器人,它作为自动化、减轻劳动强度的机器人,正用在实际工厂的作业现场,这就是称为气动控制装置的机器人(气动机器人)。

Ⅱ 气动机器人的特征(参见照片 1)

① 无论多少个气动执行机构,都可通过个人计算机输出的 ON/OFF 信息来工作;



照片 1　气动机器人

② 通过汽缸的任意组合，能随意地变更各部分的动作；

③ 连续动作或单个动作都能用程序实现；

④ 汽缸的动作，可以通过速度控制器来任意设置“喷射一样地快速动作”，也可以设置“像放气那样地缓慢动作”；

⑤ 气动控制不存在液压控制中的漏油问题，无需防漏油措施；

⑥ 通过更换接线，就能进行顺序控制器与执行机构的控制，实际上，也试验了顺序控制器的电路。

Ⅲ　气动机器人驱动系统的概要

来自个人计算机的信号，通过晶体管的放大，再驱动继电器。所有执行机构的气阀，由于需要用 DC24V 来驱动，所以其结构要通过继电器来接通和断开螺线管(参见图 1)。也就是说，工作电压为 DC24V 的螺线管，气阀的阀芯在继电器接通时被吸引，改变压缩空气的流向，就能控制汽缸的移动。

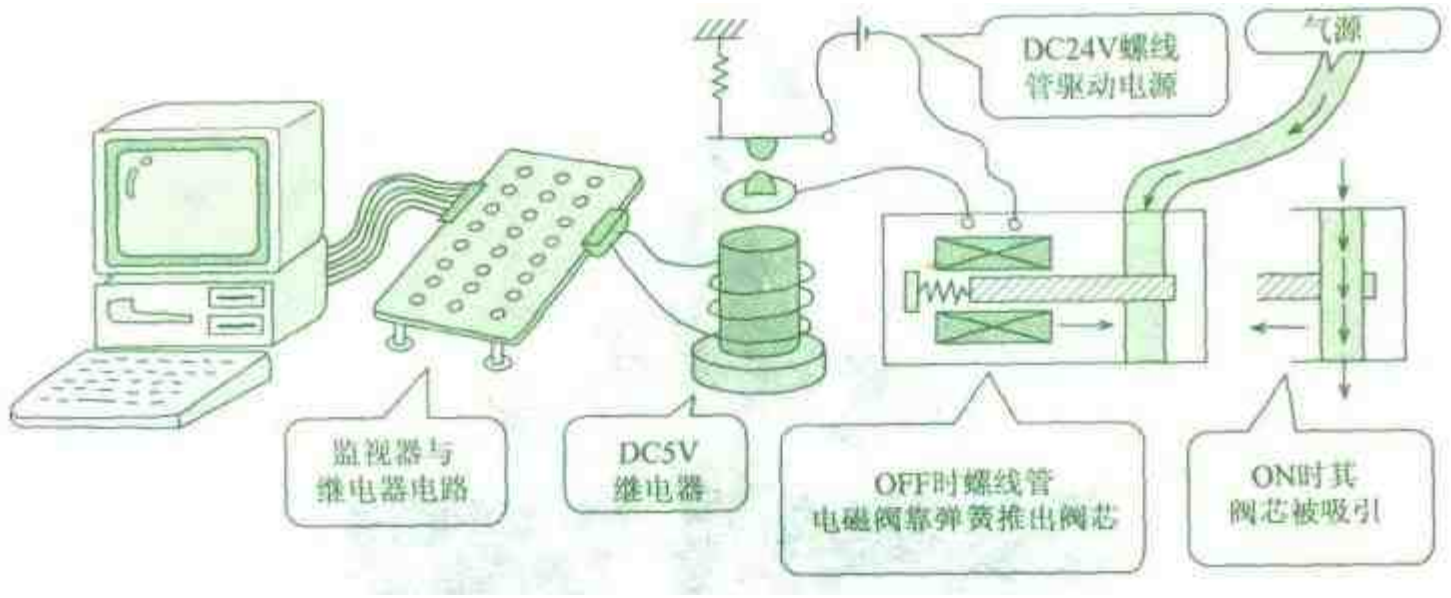


图 1　气动机器人控制系统总图

Ⅳ　电路图

电路图与以前介绍过的用晶体管的继电器电路相同。

继电器电路(汽缸所用的)也通过另外的电源供电,常用于驱动执行机构的控制中。但是,应当特别注意,连接在继电器上的所能控制的执行机构的功耗,不要超过电源所允许的容量。

如图 2 所示,接口的第 0 位到第 7 位与继电器连接。

接在继电器上的二极管是为消除继电器断开时所产生的反电势的措施。

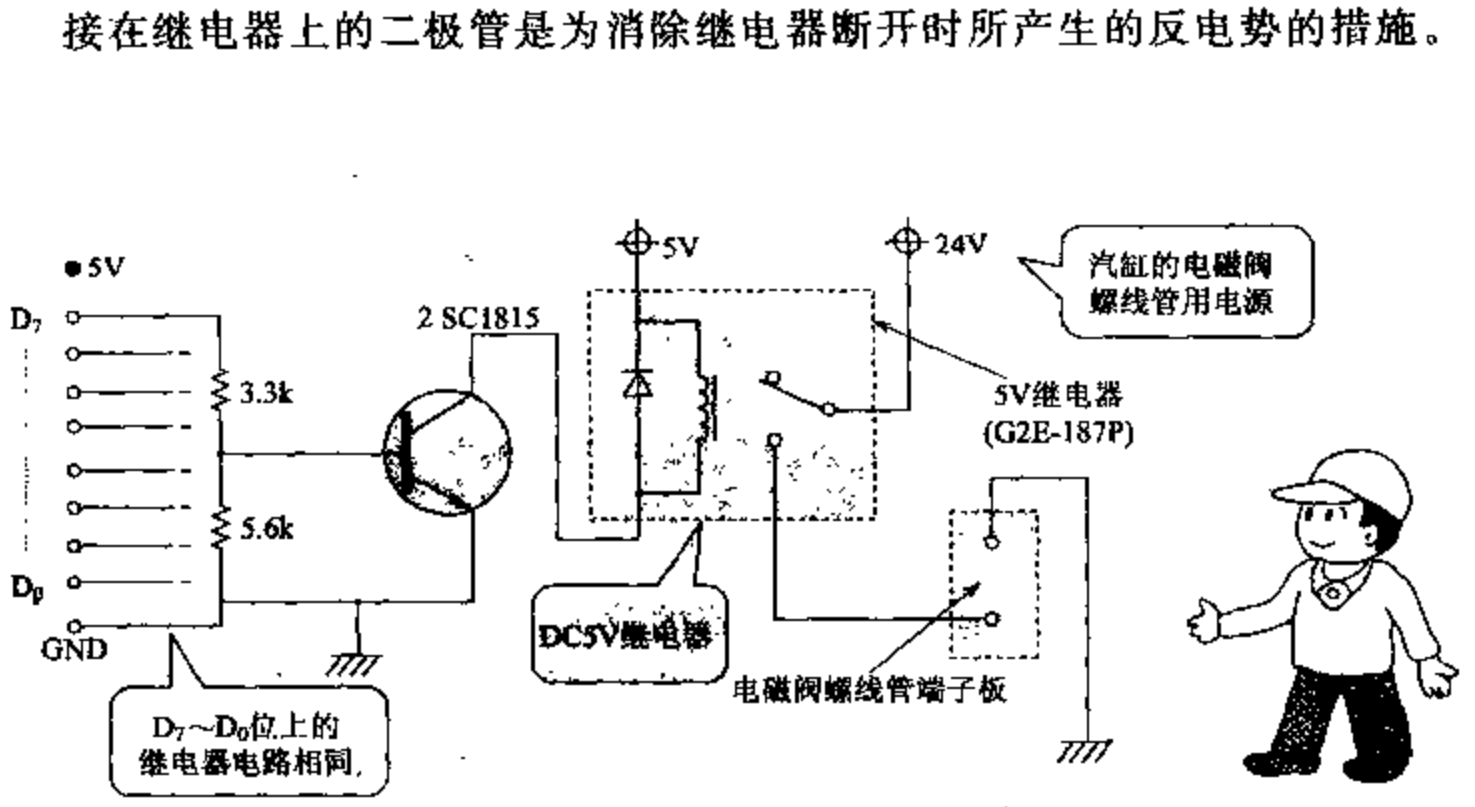


图 2　继电器电路与电路结构

表1　继电器的规格

开关部分

项目 \ 负载	电阻负载 $\cos\phi=1$	感性负载 $\cos\phi=0.4$ L/R=7(ms)
额定负载	AC110V 0.5A DC24V 1A	AC110V 0.2A DC24V 0.3A
额定电流	2A	
最大接点电压	AC125V DC60V	
最大接点电流	1A	
最大接点功率	120VA 30W	60VA 15W
最小适用负载 (P级效率参考值)	DC5V 1mA(DC0.1V,0.1mA) (高灵敏度类型)	

确定接点部分的规格

操作线圈

型式项目 / 额定电压/V		高灵敏度型 额定电流/mA	高灵敏度型 线圈电阻/Ω	动作电压/V	返回电压/V	最大允许使用电压/V	消耗功率/mW
DC	1.5	125	12	70%以下 (80%)	10%以上	110% (130%)	约450 (约200)
	3	66.7	45				
	5	41.7	120				
	6	33.3	180				
	9	22.5	400				
	12	17.1	700				
	24	8.6	2 800				

注:P级效率$\lambda_{60}=0.1\times10^{-6}$/次

V　气动执行机构的知识

气动执行机构的构造

气动执行机构的基本动作如图 3 所示，就是汽缸的活塞杆的前进或后退。若在汽缸后方的口或前方的口(此口不是 8255 上的控制口，这里是指汽缸动作用的气道口)送入压缩空气，则活塞及活塞杆就会运动。此时，压缩空气的流向是由电磁阀(螺线管阀)来控制的。

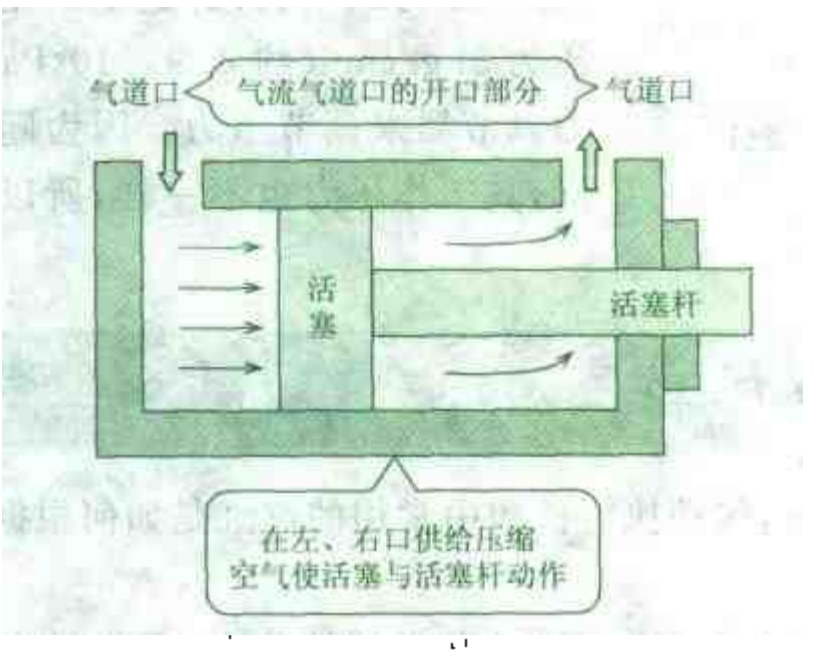


图 3　汽缸的基本动作

图 4 中所示的用个人计算机控制，指的就是控制安装在各汽缸上的电磁阀的动作。

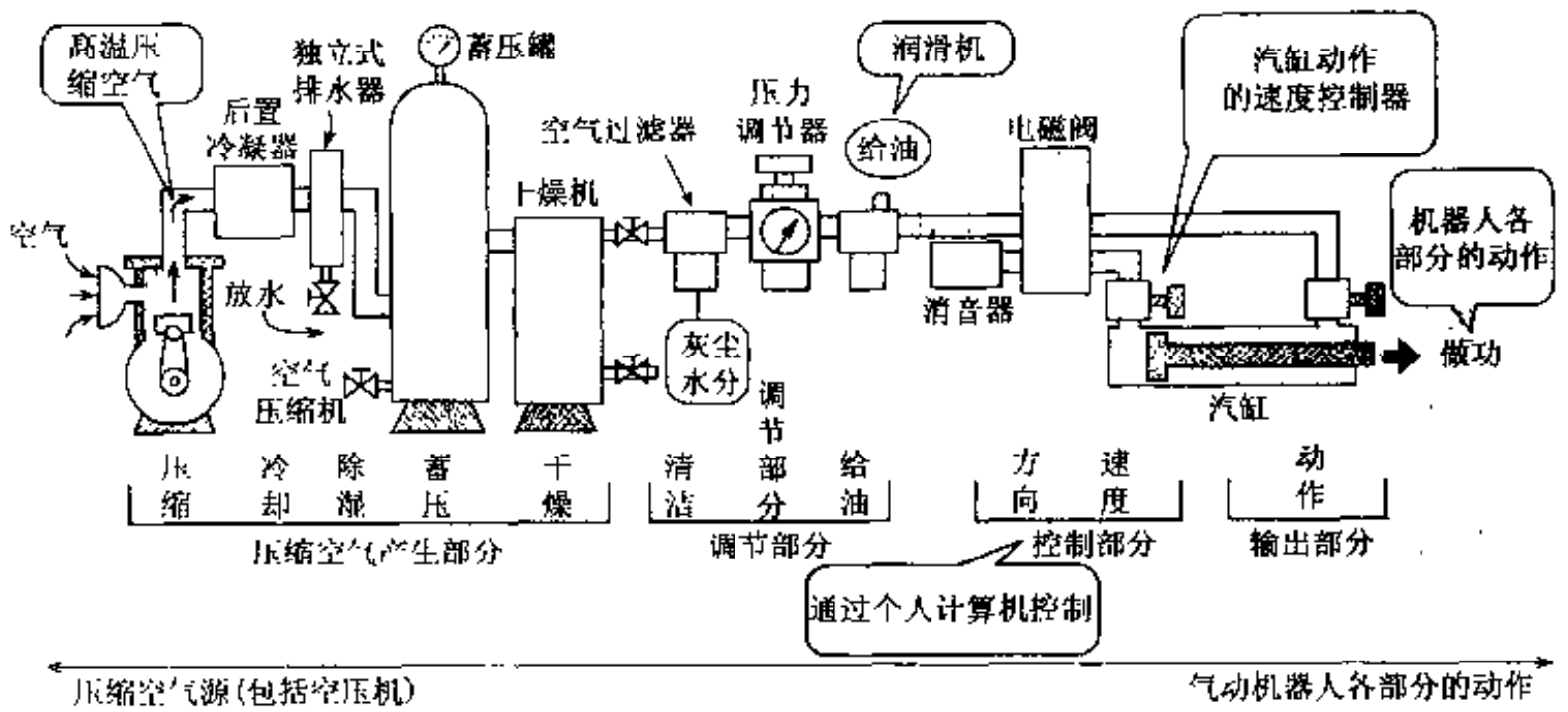
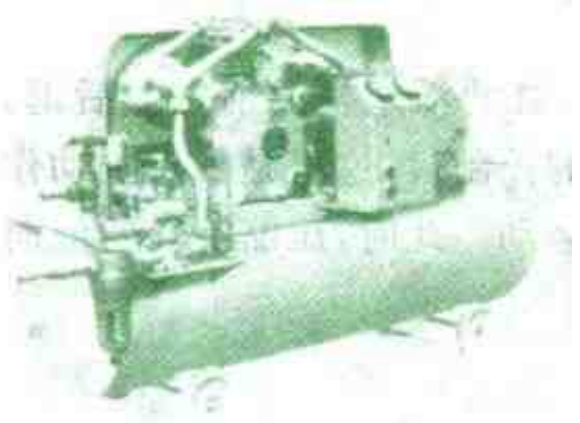


图 4　气动执行机构的构造与个人计算机控制

● 气源



照片 2　空气压缩机

压缩空气的气源就是指“使汽缸动作的动力来源”，即动力源。通常，通过称为空气压缩机的装置来提供压缩空气(参见照片 2)。空气压缩机的结构如图 4 所示，其主要的结构为压缩空气发生源，及让其压力能为汽缸所用的调节部分(称为压力调节器)。这里所用的驱动汽缸的气压为 5kg/cm^2(约 4.9×10^5Pa)，并且必须用压力调节器来调节压力。因为随着汽缸的规格不同，其工作压力也不一样，所以要根据所用的机器来调整。

Ⅵ　汽缸动作的组成

我们来探讨一下，气动执行机构中常用的汽缸是如何根据个人计算机发出的信号进行工作的。

图 5 表示螺线管的信号 OFF 时电磁阀的状态，通常带有两组对称出入口的“移动阀块”称为滑阀，通过弹簧的推力将它压在一端。

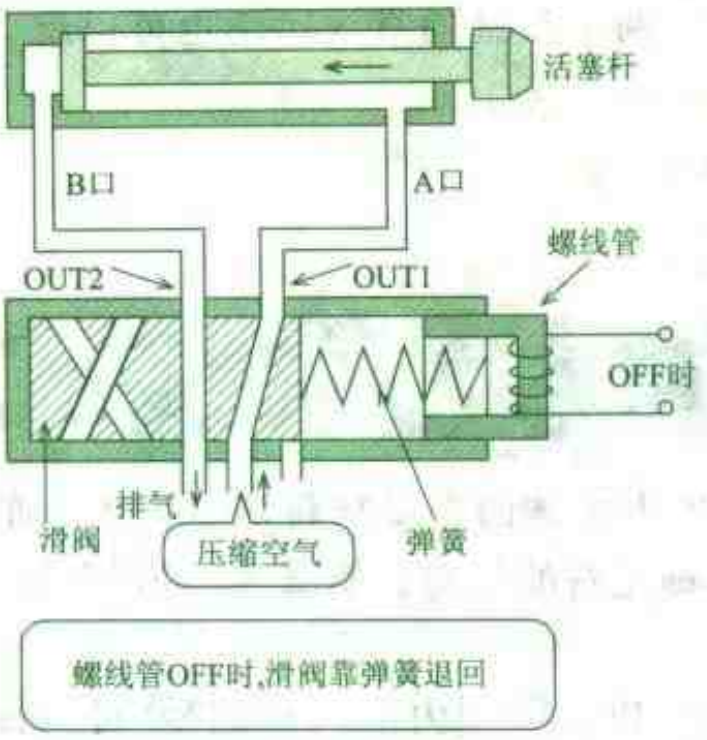


图 5　汽缸的动作(信号 OFF 时)

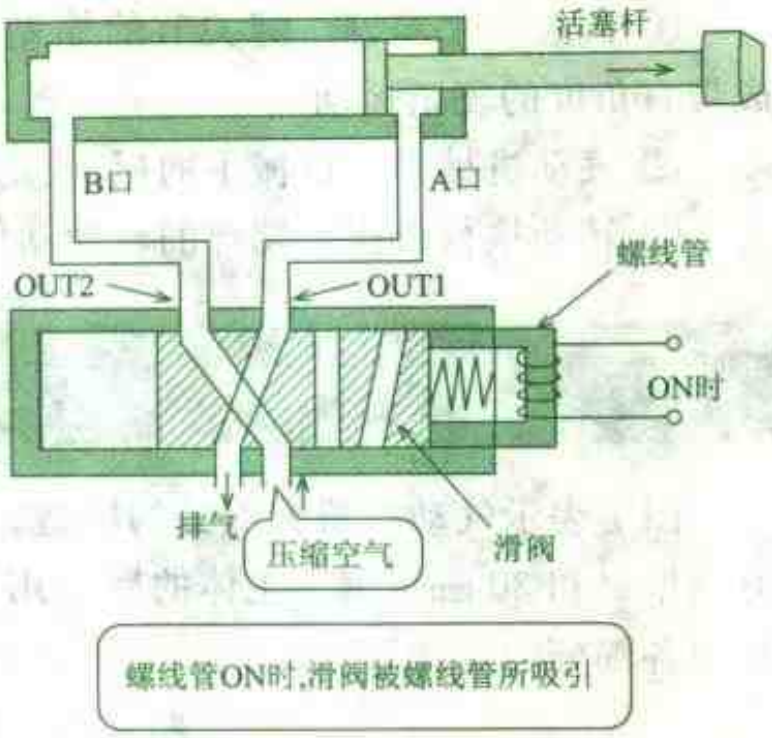


图 6　汽缸的动作(信号 ON 时)

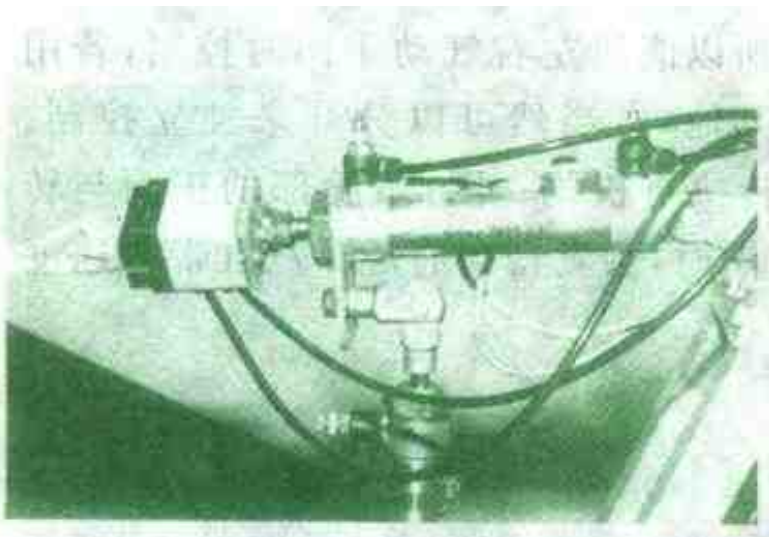
因此,压缩空气从电磁阀的 OUT1 进入滑阀的另一边,活塞将汽缸内的空气从 B 口排出,所以如图 5 所示,活塞杆退回。

当螺线管的信号 ON 时,电磁阀被磁化,如图 6 所示,阀芯被吸到另一端。因此压缩空气从 OUT2 进入 B 口,使活塞杆伸出,然后从 OUT1 排出空气。这样,切换送往螺线管的信号,使阀芯移动,就可改变压缩空气的方向,控制活塞杆的移动。

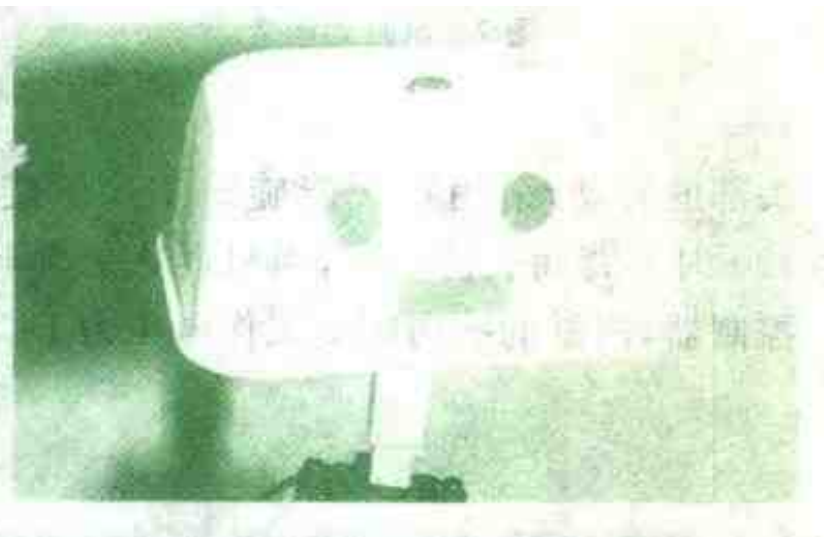
其基本原理与其他气动执行机构的动作相同。

Ⅶ　气动执行机构的种类

气动机器人使用照片 3、照片 4 所示的三种气动执行机构。



照片 3　气动机械手



照片 4　旋转式执行机构

① 汽缸　手腕、肩、脚关节的伸缩动作(两个汽缸的直线运动也可以组合成带有角度的复杂运动)；

② 气动机械手　机械手的抓、放动作；

③ 转动执行机构　端部的转动动作。

气动机器人的构造

图 7 表示气动机器人汽缸的构造。机器人主体的主要材料是□25 磨光的方钢型材和 30 mm角钢。主体的底座用 25 mm左右的板材。图 8 表示所用的汽缸与各部分的动作。

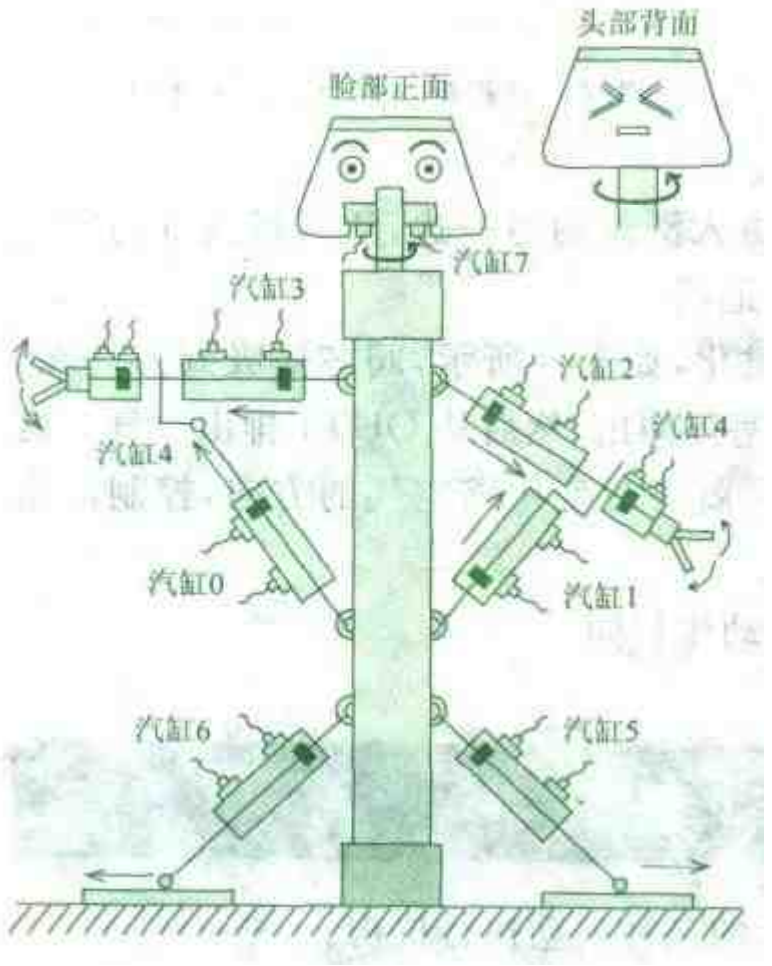


图 7　汽缸的构造

以下[　]内的汽缸编号，可对照图上的相应编号：

手腕的抬起与放下[汽缸 0、汽缸 1](汽缸直径 25 mm，行程 75 mm)；手腕的伸缩[汽缸 2、汽缸 3](汽缸直径 20 mm，行程 50 mm)；手的抓、放[汽缸 4](气动机械手、左右各 1 个)；脚的伸、缩[汽缸 5、汽缸 6](汽缸直径 25 mm，行程 50 mm)；头部的转动[汽缸 7](旋转执行机构，转动 180°)。

因手腕的抬起与放下动作的幅度影响到整个机器人的动作幅度，所以要选用行程大的汽缸。并且，手的抓、放动作是两个手同时控制的。这里对气动机器人的控制，只用 C 口的 8 位，所以能使左右气动手同时控制，若用其他口，当然可以分开来独立控制。头部的转动，采用每次能旋转 180°的旋转执行机构。因此，脸部的正面与转 180°时的背面表情不同，当机器人的脸转动时，会觉得很有趣。汽缸带有速度控制器，汽缸的换向阀的工作电压为 DC24V。

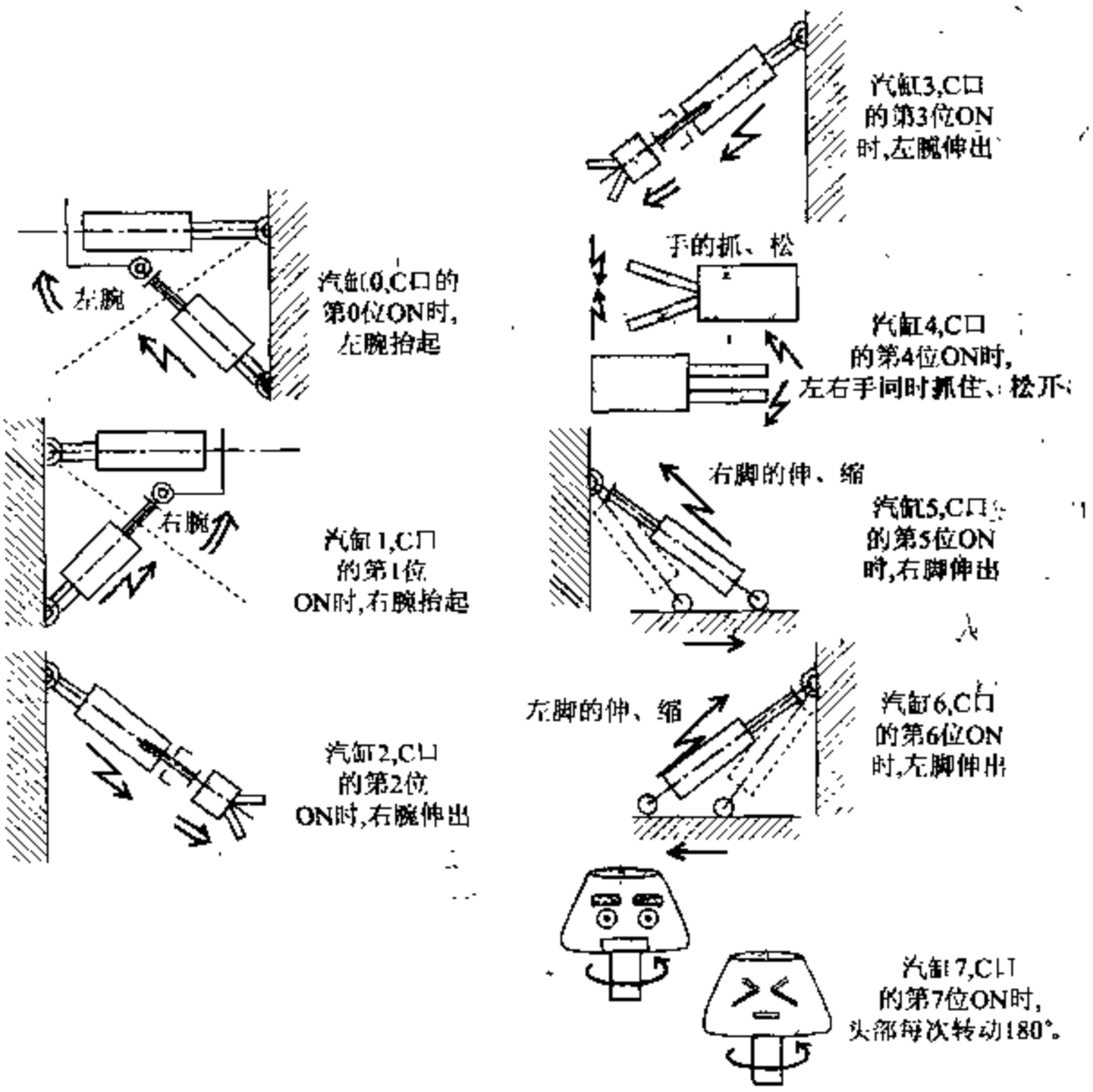
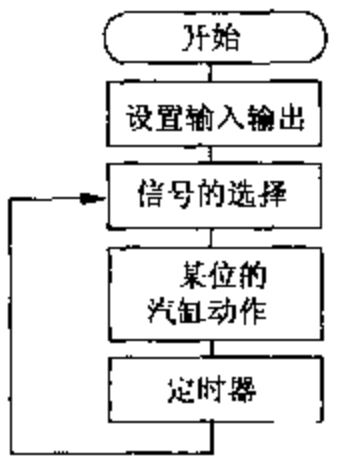


图 8 汽缸各部分的动作

Ⅸ 气动机器人程序的编制

以前介绍的机器人是用继电器控制的,所编制的程序是分别对继电器进行的 ON/OFF 控制。现在要让各汽缸按时序连续地动作,其程序如下:




```
10  REM 机器人
20  OUT &HD6, &H80
30  FOR I=0 TO 7
40  OUT &HD4, 2^I(^表示乘方)
50  FOR T=0 TO 2000: NEXT T
60  NEXT I
```

第30行每次选择一个汽缸。

第40行从C口输出使汽缸动作的信号。

(第40行的2^0～2^7,作为数据是以"1、2、4、8、16、32、64、128"来输入的,使各个输入口位依次成为"1"也是方法之一)。

如图9所示,要使汽缸1、汽缸2、汽缸4同时动作,只要把分配给汽缸的相应各输入口同时从C口输出"ON"的数据就行了。

现在,因汽缸1所对应的信号为1,汽缸2的信号为2,汽缸4的信号为4,因此,此时的数据为:

二进制数:(0001 0110);

十六进制数:(&H16)。

所以,若从C口输出数据

OUT&HD4,&H16

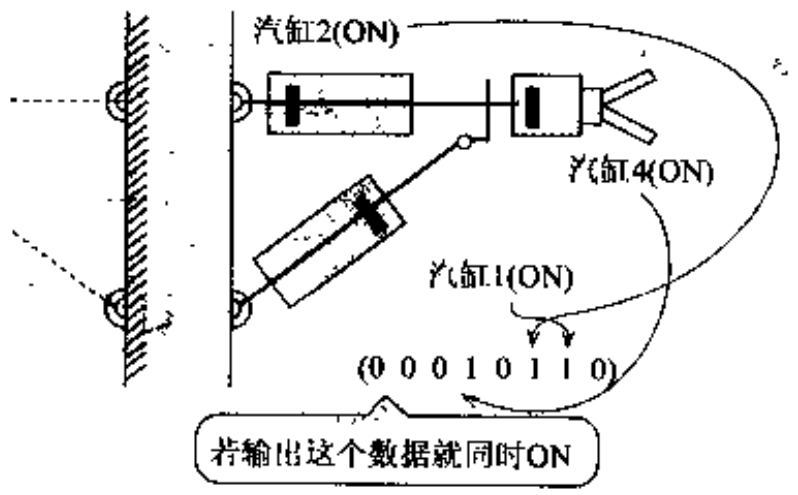


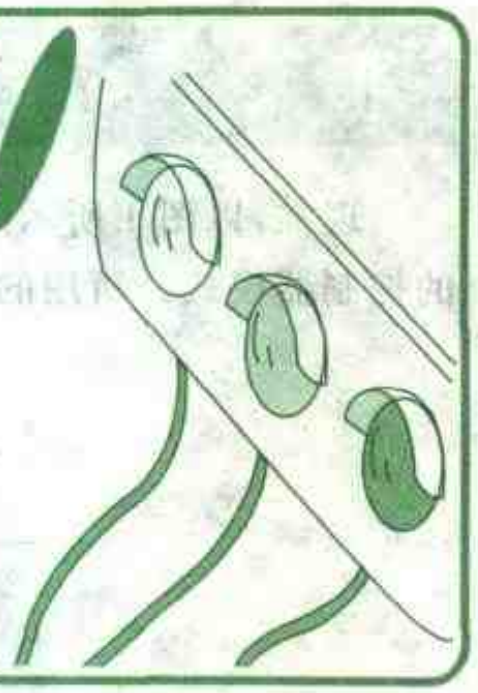
图9 三个汽缸的驱动

则如图9所示,三个汽缸就会"啪"的一下同时动作。&H16也可改变为十进制数

OUT␣&HD4,22

以这种方法依次组织数据,就能使机器人做各种动作。

4 用继电器控制的交流100V交通信号灯控制系统



I　交通信号灯的设计

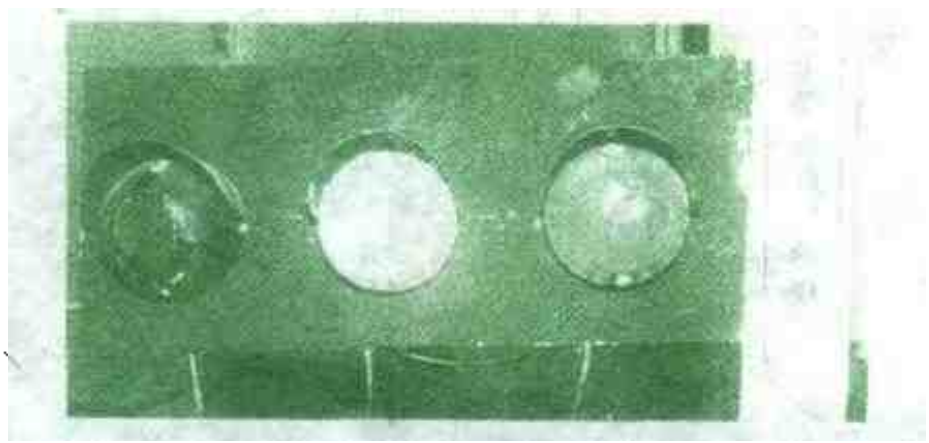
根据时间一次一次地改变状态的交通信号控制器就是这类所谓“顺序控制”的产物。

大家认为作为控制练习用的动作模型，像交通信号控制器那样按事先规定的顺序动作，是非常合适的对象。其理由是，执行装置的动作（这时是信号控制器）与程序的关系、目标的动作状态，例如信号灯颜色从“红”变“绿”再变“黄”的动作过程，都能清晰而形象地反映出来。

用信号灯控制器时，若再增加一组信号检测器的指示灯，通过组合使用，可控制更复杂的模式（6 盏指示灯）。

现在，若将指示灯换成电动机，则与设计控制电动机 1 到电动机 6 的控制程序相同，就可作为实用的控制手段之一。

因此，我觉得把这作为控制程序练习是很有效的。无论如何，作为常见的控制例子，我们再一次采用了照片 1 所示的交通信号控制器。



照片 1　信号控制器

Ⅱ　交通信号控制器的点亮模式

现在，以图 1 所示的 1 号线作为优先道路，来设计与 2 号线交叉处信号灯的控制器模式。所用的程序可以分别对白天、晚上的两种模式进行切换。

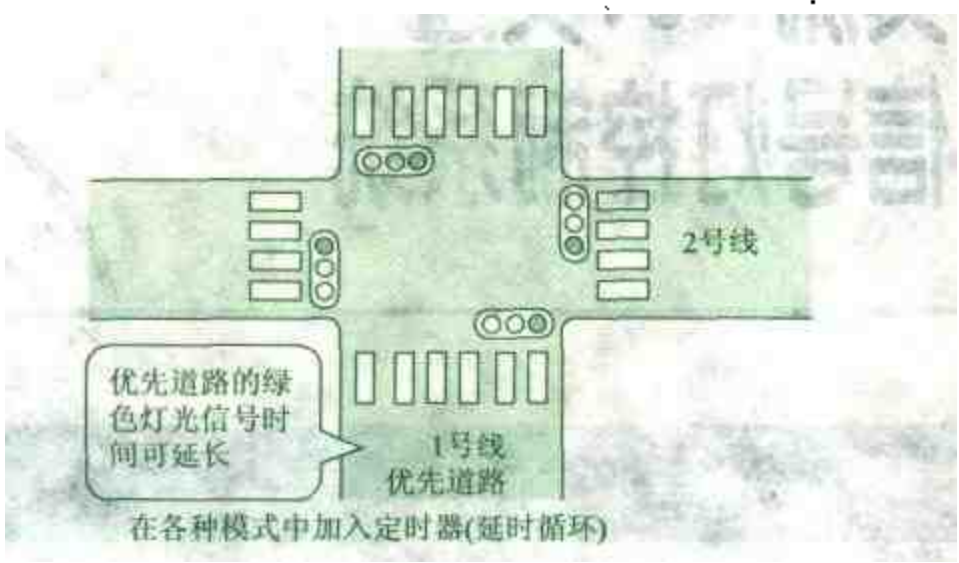


图 1　交通信号控制器的模式

Ⅲ　白天的信号控制器模式

在白天，如图 2 所示，是我们所熟悉的灯由绿变黄，然后变为红的信号控制模式；2 号线的信号则从红变为绿。各种信号灯的点亮时间根据程序中的循环来控制。

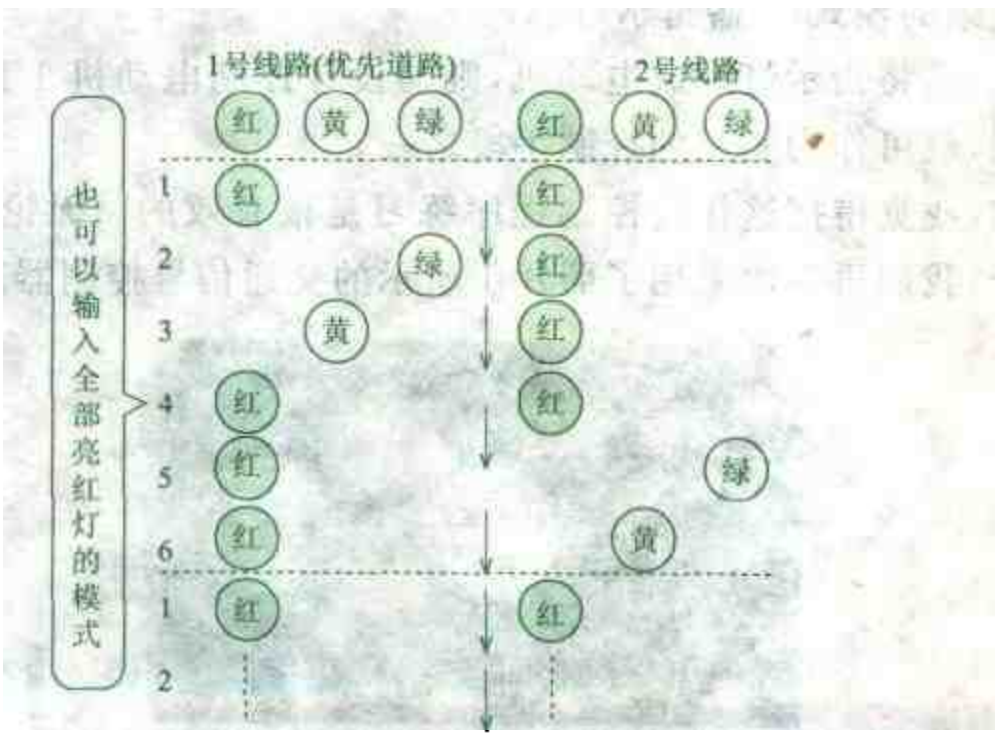


图 2　白天的信号控制器模式

因此，若仔细观察实际的信号控制器，就会注意到由绿色变红色时道路上的 1 号线与 2 号线的两个方向的信号控制器都是红的，将交通中断，以便将从绿色信号的道路上退出的交通流平稳通过。起到防止撞到驶出的车辆而造成事故的作用。

在信号控制器中，我想也应当采用双向同时亮红灯的信号模式。并且，在优先道路上，因交通流量大，应当考虑延长绿灯的亮灯时间。

实际上，我们所用的交叉点处是将电缆埋设在道路中来取得车辆通过数据的。起到与信号变换时间控制器同样的作用。

在使用这种传感器的信号上花些功夫也是很有趣的事情。我们都有这样的经历，当你急于过马路时，多次被红灯阻挡住，而那时，另一条亮着绿色信号灯的线路，却既没有车也没有行人。因此，对有的道路来说，每次有车接近时，才将信号由红灯变为绿灯……，此时，不论多么不自信的人也是不会造成错觉的。

说到系统式的信号，考虑到信号之间的间隔与延时时间，也就是调整变为绿信号所要的时间。

如果用这样的系统对任何交叉路口的模式进行组合，则编制程序是很愉快的。

Ⅳ　夜间信号控制器模式

图 3 表示夜间信号控制器模式。

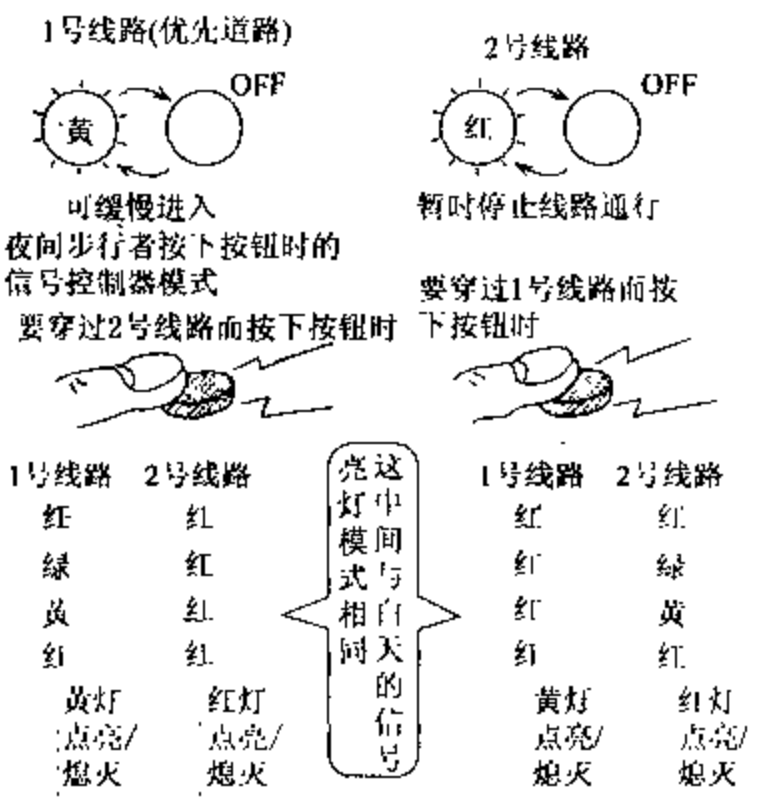
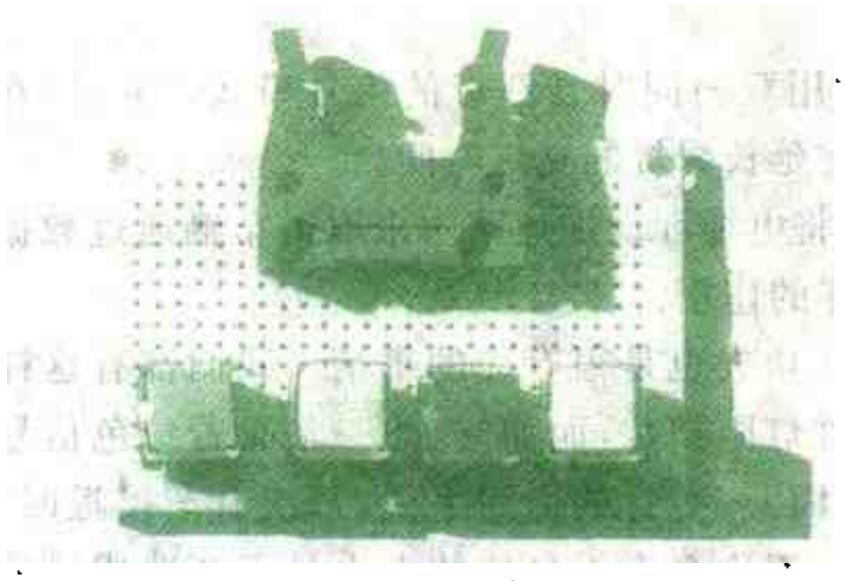


图 3　夜间信号控制器模式

夜间,优先道路即 1 号线路进行黄色信号灯的点亮/熄灭控制;2 号线路进行红色信号灯的点亮/熄灭控制。优先道路的 1 号线路的车,在缓慢通过交会点的同时,2 号线路进入暂时停止交通的状态。



照片 2　按钮的输入电路

然而,当夜间有人通过交叉路口时,若是漫不经心,其安全就有问题了。为了保证人们在夜间能安全地通过马路,应当分别在道路上安装步行者专用的按钮。

在这种情况下,由于要使两个方向线路的信号灯暂时都变为红色,所以按下按钮这一边的信号,与白天用于汽车的信号模式是相同的,当然这种周期只是一次性的,过后还是要恢复夜间的信号灯模式。

照片 2 表示按钮用的输入电路。

V　完整的系统

如图 4 所示,因作为输出的是优先道路(1 号线路)与 2 号线路的信号,所以各自要对红、黄、绿三个灯进行控制。

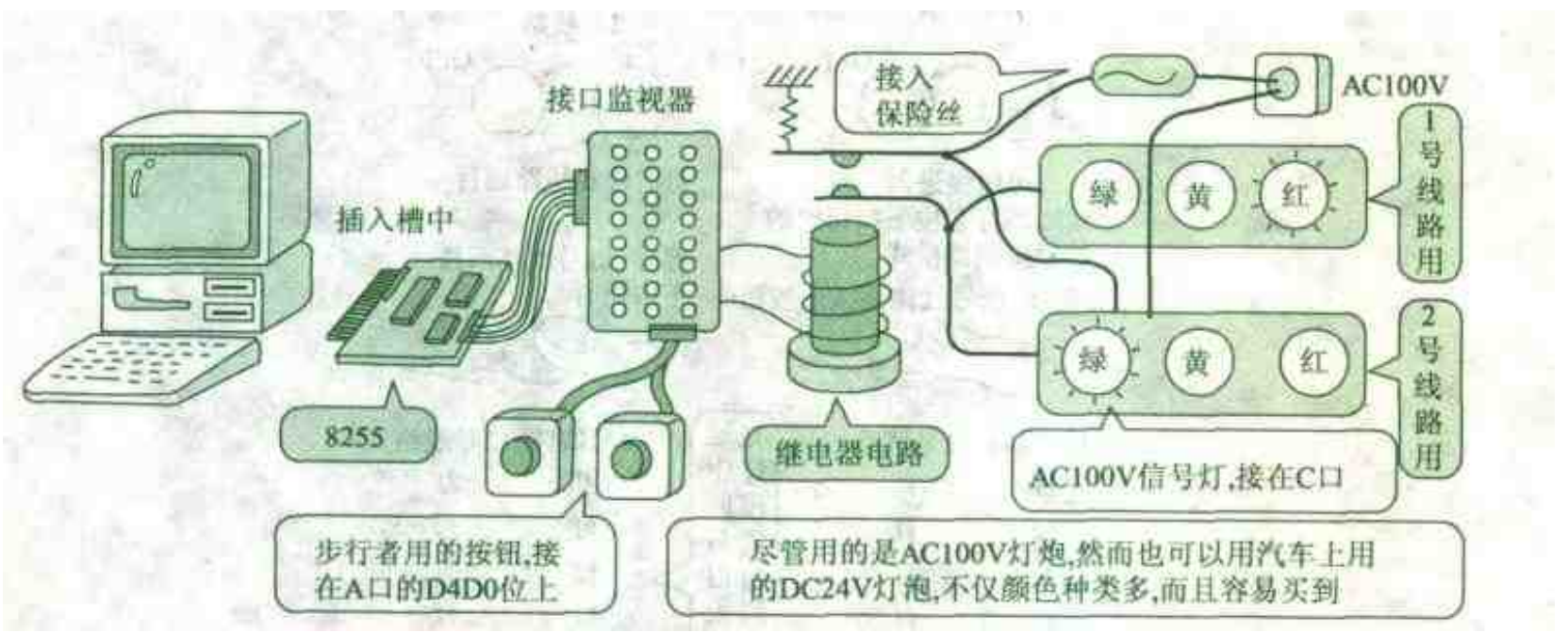


图 4　信号控制器的控制系统

如图 4 所示，将优先道路(1 号线)的信号灯分配在 C 口的高位上。

D_6　红

D_5　黄

D_4　绿

将 2 号线路的信号灯分配在 C 口低位上。

D_2　红

D_1　黄

D_0　绿

因交叉路口对面方向是用相同的信号灯来表示的，所以用同样的电路并联就行了。

对于控制这类信号灯的控制器来说，两个系统的动作互相有关联的话，控制对象的数量在四个以内(这里为绿、黄、红三个)时，可通过分别使用接口的高位与低位，这样正好将两个系统灯光的点亮/熄灭控制模式，用一行程序来表示。也可将优先电路用 B 口，2 号线路用 C 口来控制，也只不过用两行程序，但是相互的关联就不大容易理解了。

然而，无论何时，也应当充分利用接口各自的高位、低位这 8 位资源。如果利用其他接口位来控制执行机构可以简化控制，则不如将控制口分开使用。

如图 5 所示，将按钮连接在 A 口的 D_4 位与 D_0 位，以输入按钮按下的信息。

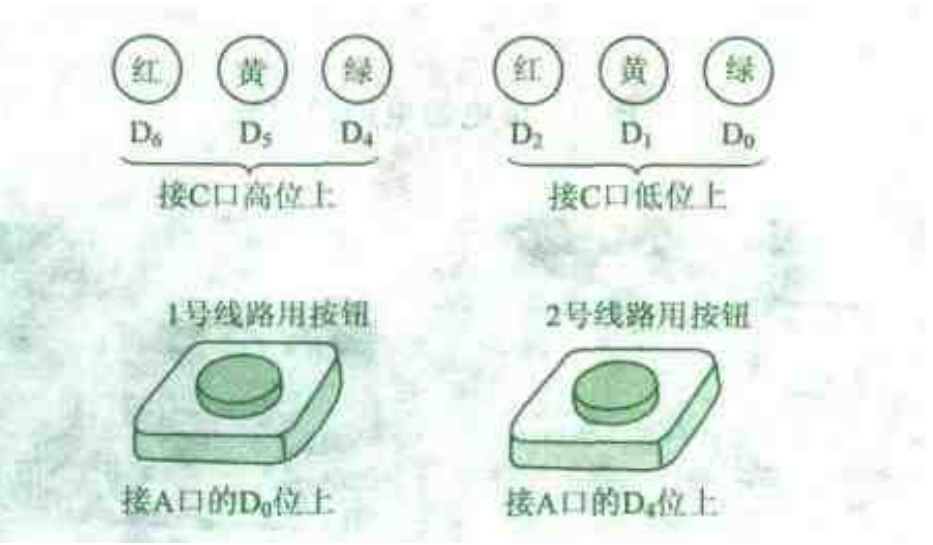


图 5　信号灯与按钮控制位的分配

Ⅵ　电路图

电路图如图 6 所示，基本上是用晶体管将接口电路的信号放大来驱动继电器的电路。

来自接口的信号,用从接口监视器出来的10线扁平电缆连接到DC5V的继电器电路板上。所有的继电器,举例来说,都可用欧姆龙公司制造的微型继电器(G2VN-237P)。因为这一继电器接点的最大允许电流为3A,用于100W的灯泡是足够了。

在自己实际制作时,可根据所用灯泡的"功率"大小来选择继电器的规格。

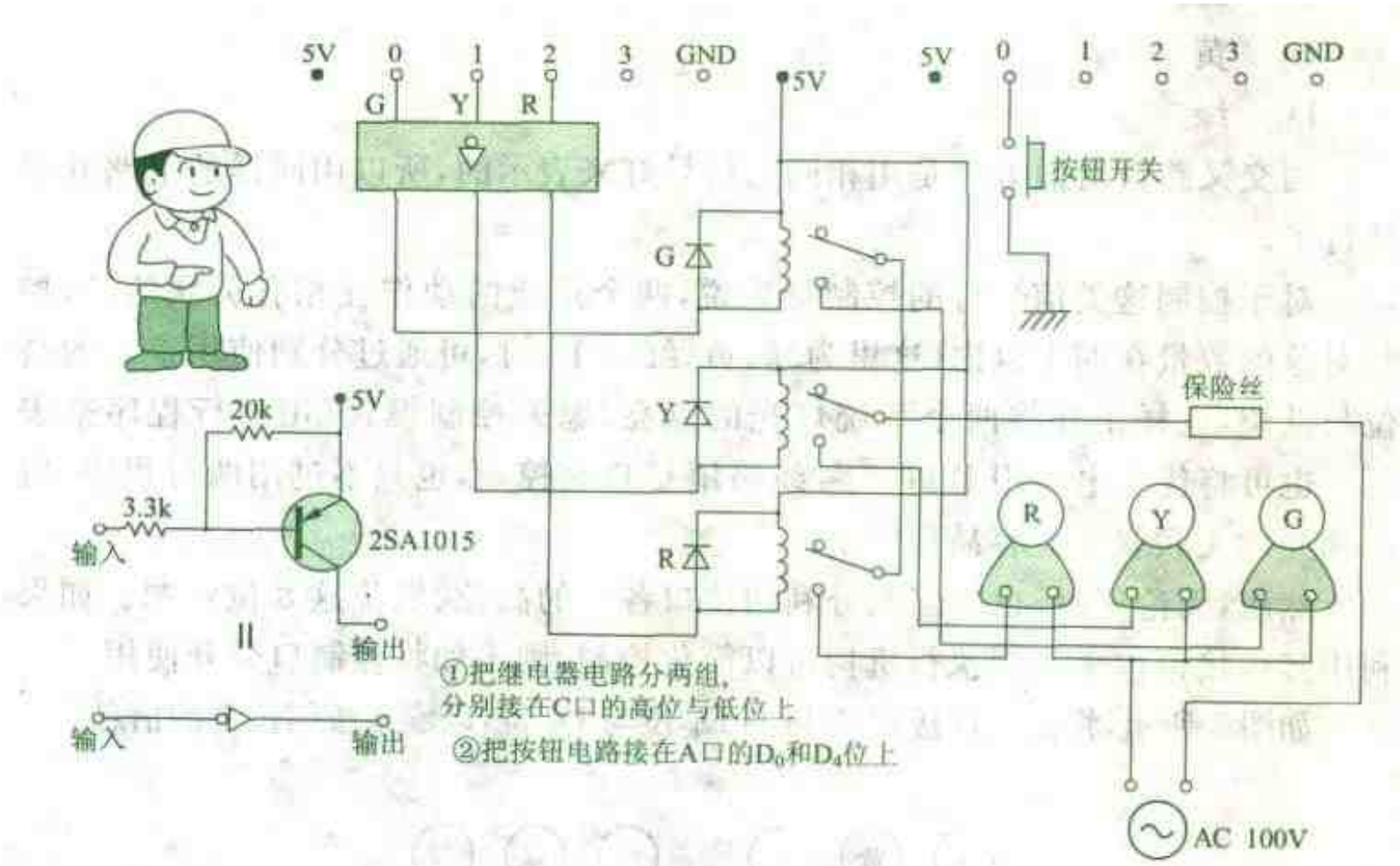
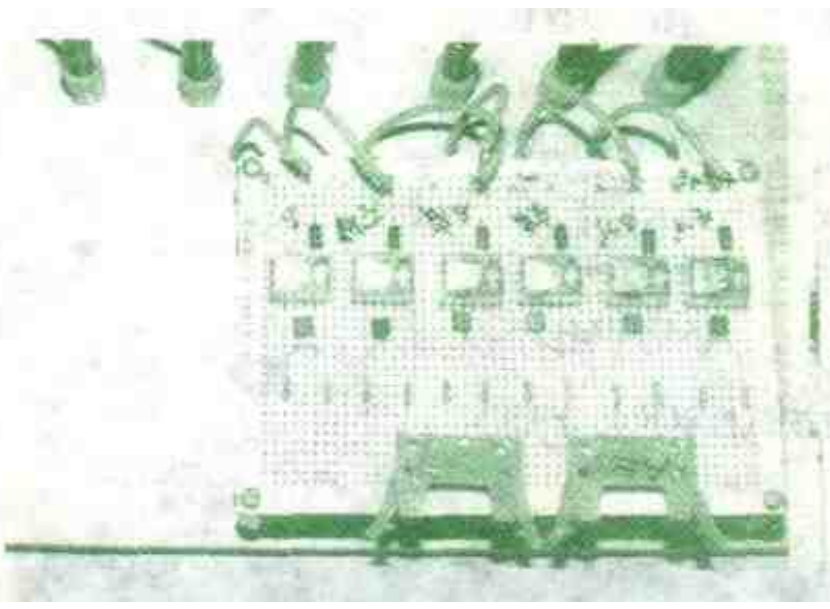
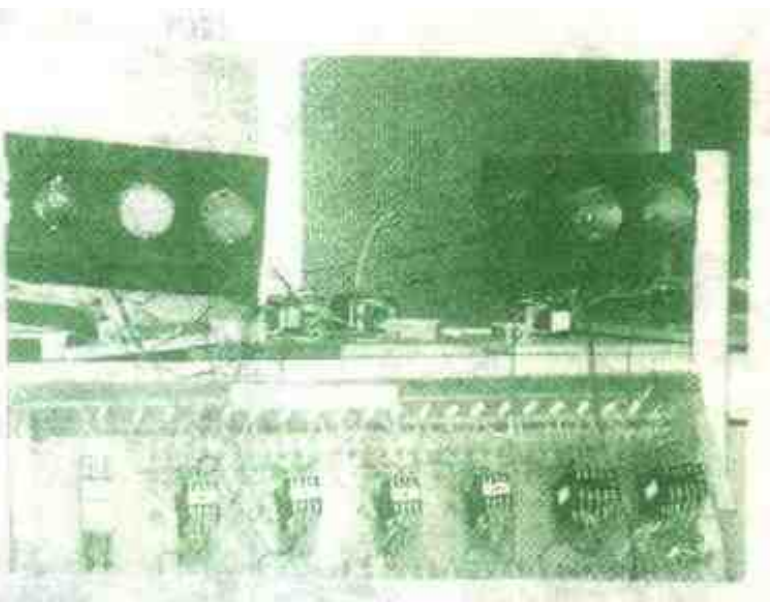


图6 继电器电路的组成



照片3 用晶体管的6个继电器电路的例子



照片4 交通信号控制器的结构

微型继电器的大小如照片3所示,因其尺寸与小方糖差不多,所以像这样的继电器驱动电路,无论多少个都可以直接安装在印刷电路板的底板上。另

外；可用印刷电路板用的拉脱工具来取出灯泡的连接端子。线路的连接应当整洁美观。

虽然继电器驱动端的电流是信号电流，电流很小。但接点上要流过灯泡的额定电流，所以必须选择适当的导线（能承受 3A 左右的电流）。

如照片 4 所示，交通信号控制器的灯泡配线，使用尼龙绝缘导线。在照片 4 中，能看到的是时间继电器与电磁继电器，由于这个交通信号控制器是利用个人计算机控制的，与学过的用继电器等顺序控制器所控制的有区别，所以合在一起制作。

这样在学习个人计算机控制的过程中，与其他控制方法相比较来思考，可以了解各自的特征，是一种很好的学习方法。

Ⅶ　点亮模式与程序

信号灯在接口各位上的分配，如图所示，分别用十六进制数来考虑各个位权值，以取得点亮数据

1 号线路	2 号线路
红 &H4 *	红 &H * 4
黄 &H2 *	黄 &H * 2
绿 &H1 *	绿 &H * 1
（高位的位）	（低位的位）

若 1 号线路为绿信号灯，2 号线路上为红信号灯，则由以上模式可知，输出模式为 &H14。

同样地，当 1 号线路为红信号灯，2 号线路为黄信号灯时，由以上模式可知，输出模式为 &H42。因此，图 7 的点亮模式如下所述。而且，只要在这些模式中加入定时器（延时循环程序），就可以反复执行。

点亮模式	1号线路	2号线路
&H44	红	红
&H14	绿	红
&H24	黄	红
&H44	红	红
&H41	红	绿
&H42	红	黄
&H44	红	红

图 7　点亮模式与程序的关系

另外,夜间模式因1号线为黄色信号灯,然后2号线为红色信号灯的点亮/熄灭模式,所以其模式如下:

&H24　点亮

&H0　熄灭

通过短时间的循环程序,可使上述点亮/熄灭模式反复地执行。如果循环的时间太短,就像见到连续不断的灯光一样,则可以加长间隔的时间,用间隔约为1秒的时间来循环比较合适。

(1) 延时循环

在控制中,常常遇到"经过一定时间后移到下一个控制"的情况。因此,为了延长时间,要在计算机上执行保持状态的(计数)延时程序。常用的是FOR-NEXT语句循环程序。

例如语句:

```
FOR I=0  TO 500: NEXT
```

这个语句中,若将0到500改为0到1 000,就可把计算机的运算次数增加一倍,也就是可用执行空运行来处理时间,所以称之为延时控制器。

可是,对十六位的计算机来说,因运算处理的时间太快,只用这个方法是不能满意地调整延时时间的。此时,可在FOR语句与NEXT之间再加入PRINT语句,在显示器(CRT)上显示

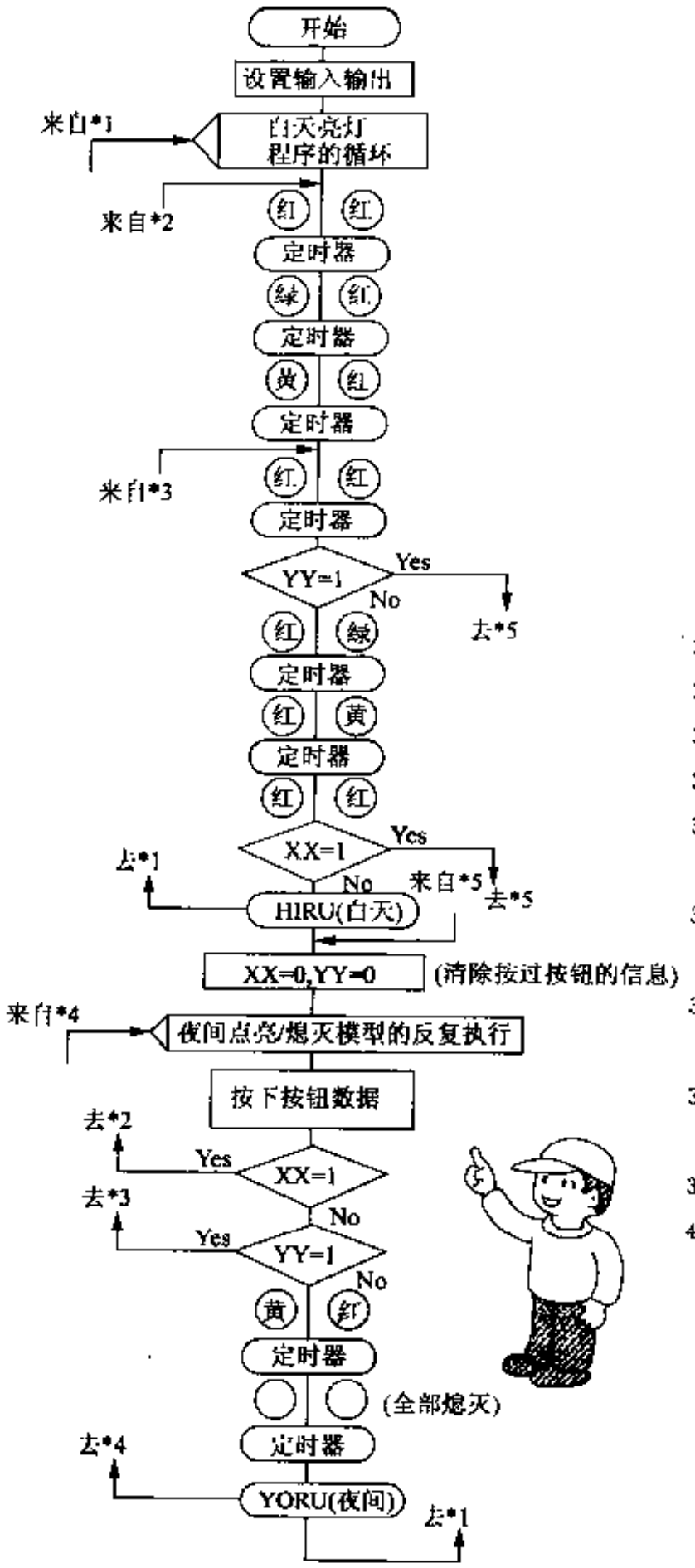
```
FOR I=0  TO 1 000
PRINT I: NEXT
```

因为把含有PRINT语句的延时时间循环加在了该处理时间上,所以能有效地延长处理时间。以上的延时循环,可得到15秒的延时程序。请读者制作一个与所用计算机一致的循环程序。

Ⅷ 信号控制器的控制程序

关于定时器

如XX行 FOR I =0 TO 1 600:PRINT"I=";I:NEXT 的例子所示,根据PRINT语句,就可按照在CRT(屏幕)上的输出来调整定时器的数据。




```
10  REM
20  OUT &HD6,&H90(C 口为输出,A 口为输入。)
30  OUT &HD4,&H0 (点亮数据清零)
100  REM 白天模式
110  FOR HIRU = 0 TO 3
110  OUT &HD4,&H44(红、红)(定时器)
120  OUT &HD4,&H14(绿、红)(定时器)
130  OUT &HD4,&H24(黄、红)(定时器)
140  OUT &HD4,&H44(红、红)(定时器)
150  IF YY=1 THEN 300
160  OUT &HD4,&H41(红、绿)(定时器)
170  OUT &HD4,&H42(红、黄)(定时器)
180  OUT &HD4,&H44(红、红)(定时器)
190  IF XX=1 THEN 300
200  NEXT HIRU
300  XX=0: YY=0(清除按钮信息)
310  FOR YORU=0 TO 20
320  A=INP(&HD0)(是否按下按钮)
330  IF A=254 THEN YY=1:GOTO 110(是 1 号线路
     吗?)
340  IF A=247 THEN XX=1: GOTO 140(是 2 号线
     路吗?)
350  OUT &HD4,&H24(黄、红)
     (定时器)
360  OUT &HD4,&H0(全部灯熄
     灭)(定时器)
370  NEXT YORU (YORU:夜间)
400  GOTO 100
```

点亮/熄灭数据

[General Information]
书名=book_11119012
作者=
页数=225
SS号=11119012
出版日期=

封面
书名
版权
前言
目录
目　　录

第 1 章控制的基础知识
1　　电子电路与控制的关系
2 使用传感器的简单电子电路
3 执行机构的驱动电路
4 顺序控制的定义
5 反馈控制
6 模拟控制与数字控制
7 数字控制与逻辑电路
8 微机与微机控制
9 微机与信号流
1 0 接口的作用
1 1　输入用外部接口的作用
1 2 输出用外部接口的典型作用
第 2 章　　简单控制入门
1 模型电车的开动
2 模型电车在站台处的停靠
3 铁路模型的控制　　简单控制
4 铁路模型的控制　　使用定时器等
5 微机控制（1）　　用发光二极管确认输出
6　　微机控制（2）—用按钮开关来输入
7 微机控制（3）　　使用继电器
8 微机控制（4）——简单控制
9 微机控制（5）　　使用步进电动机的控制装置
1 0 微机控制（6）　　—步进电机的往复控制装置
1 1　　微机控制（7）　　铁路模型的控制Ⅰ
1 2 微机控制（8）——铁路模型的控制Ⅱ
第 3 章使用个人计算机的简单控制入门（基础篇）
1　　制作接口
2　ＬＥＤ接口监视器
3　　ＬＥＤ的点亮、熄灭控制Ⅰ
4　ＬＥＤ的点亮、熄灭控制Ⅱ
第 4 章使用个人计算机的简单控制入门（应用篇）
1　　键盘控制的音乐自动演奏系统
2 用模／数（Ａ／Ｄ）转换的室温控制系统
3 汽缸控制的气动机器人系统
4 用继电器控制的交流１００Ｖ交通信号灯控制系统